



UNIVERSIDAD DE CUENCA



FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

Trabajo de titulación previo a
la obtención del título de
Ingeniero Civil.

Autor:

Andrés Sebastián Zalamea Suárez.

C.I: 0302057914

Director:

Ing. Juan Fernando Zalamea León, PhD.

C.I: 0102059326

Octubre-2015

CUENCA-ECUADOR



OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

RESUMEN

Importantes investigaciones, desde fines del siglo pasado hasta la fecha, intentan generar innovadoras formas de construir, mejorando distintos aspectos y es, en esta corriente, donde se inscribe el presente trabajo de titulación. Esta propuesta busca reducir los tiempos utilizados en la construcción de muros o paredes de mampostería, a través de un sistema constructivo de “Mampostería de Macro Bloques de Hormigón, MMBH”

El desarrollo del trabajo es el siguiente: 1. Introducción: define el problema de investigación, presenta el tema y plantea los objetivos e hipótesis. 2. Marco teórico: precisa conceptos importantes y menciona el estado del arte. 3. Método: se diseña el panel así como el sistema constructivo, luego se fabrica las piezas de mampostería y se expone como se realizaron los ensayos de productividad del proceso de colocación. 4. Resultados y discusión: se presenta fotos de las piezas de mampostería construidas y de la construcción de muros; resultados de la productividad del proceso de colocación, precios unitarios y resultados de resistencia a compresión de las piezas. 6. Conclusiones y recomendaciones. Se concluye comprobando la hipótesis, reportando que el sistema MMBH presenta productividades dentro del proceso constructivo de $3.75 \text{ m}^2/\text{h}$ que significa una productiva de aproximadamente de 4.7 veces mayor que la del ladrillo y 3.6 veces más productiva que el bloque de pómez tradicional. Dentro del trabajo se presenta también otros reportes de sistemas de mampostería con el objetivo de compararlos con el sistema propuesto.

Palabras Claves: Mampostería, productividad, macro-bloques de hormigón.



OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

ABSTRACT

Important researches have been done to try to generate innovative ways to build; trying to improve different aspects, and in this procedure is where this titling work belongs. This proposal that tries to reduce the time used in the construction of masonry walls, through the develop of a constructive system of "Macro masonry concrete blocks, MMBH"

The work is presented as follows: 1. Introduction: Defines the topic, the objectives and hypotheses. 2. Theoretical framework: Defines important concepts and mentions the state of the art. 3. Method: First the panel and the construction system are designed. Then the masonry elements are manufactured, and present how was performed the productivity tests of blocks laying process. 4. Results and discussion. The pictures of the masonry elements are presented, as well as the pictures of the construction of walls, results of the block laying process, the unitary prices and compressive strength results of the blocks. 6. Conclusions and Recommendations. We conclude ascertain the hypothesis, reporting that the system of MMBH presents productivity within the construction process of 3.75 m²/h, which means about 4.7 times more productive than the brick and 3.6 times more productive than the block. Within this work, other reports of masonry systems in order to compare the proposed system are presented.

Keywords: *Masonry, productivity, concrete macro-blocks.*



OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	11
1.1	ANTECEDENTES	11
1.2	JUSTIFICACIÓN	11
1.3	OBJETIVO GENERAL	12
1.4	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
1.5	HIPÓTESIS	13
2	MARCO TEÓRICO	14
2.1	MAMPOSTERÍA	14
2.1.1	CLASIFICACIÓN Y DEFINICIONES	14
2.1.2	NOMENCLATURA USADA PARA LAS PIEZAS DE MAMPOSTERÍA	19
2.1.3	MAMPOSTERÍA EN LA HISTORIA	20
2.2	ELEMENTOS DEL SISTEMA	22
2.2.1	JUNTAS DE CONSTRUCCIÓN	22
2.2.1.1	COLOCACIÓN DEL CONGLOMERANTE	23
2.2.1.2	TRATAMIENTO DE LOS MAMPUESTOS	23
2.2.1.3	MORTERO	23
2.2.1.3.1	DOSIFICACIÓN DEL MORTERO DE PEGA	23
2.2.2	TRABA	25
2.2.3	REVESTIMIENTO	25
2.2.4	ALIVIANAMIENTO DE LOS ELEMENTOS DE HORMIGÓN	26
2.3	CARACTERÍSTICAS A CONSIDERARSE DENTRO DE LA CONSTRUCCIÓN DE MUROS	27
2.3.1	AISLAMIENTO TÉRMICO	27
2.3.2	AISLAMIENTO ACÚSTICO	28
2.3.3	RESISTENCIA AL FUEGO	29
2.4	RECOMENDACIONES PARA EL DISEÑO DE LA CONSTRUCCIÓN CON MAMPOSTERÍA	29
2.4.1	RECOMENDACIONES PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL	30
2.4.2	RECOMENDACIONES PARA EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO	30
2.5	VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA MAMPOSTERÍA CON RESPECTO A OTROS SISTEMAS	31
2.6	COORDINACIÓN MODULAR EN LA MAMPOSTERÍA	32
2.6.1	CONSIDERACIONES DE LA COORDINACIÓN MODULAR EN LA MAMPOSTERÍA	33
2.7	EL MÓDULO COMO UNIDAD PARA DIVIDIR DEL ESPACIO	33
2.8	COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA MAMPOSTERÍA	38



OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

2.8.1	LA MAMPOSTERÍA COMO ELEMENTO ESTRUCTURAL	38
2.8.2	FALLA ANTE CARGA AXIAL	38
2.8.3	FALLA POR FLEXIÓN	39
2.8.4	FALLA POR CORTANTE	39
2.8.5	COMPORTAMIENTO DE LA MAMPOSTERÍA	40
2.8.6	ENSAYO A COMPRESIÓN SIMPLE DE LAS PIEZAS	40
2.9	PROCESO CONSTRUCTIVO	41
2.10	INVESTIGACIONES ACERCA DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA MAMPOSTERÍA	41
3	MÉTODO	49
3.1	PROYECTO DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO	49
3.1.1	MODULACIÓN DE LA PIEZA DE MAMPOSTERÍA	49
3.1.1.1	GRUESO DE LA PIEZA DE MAMPOSTERÍA	49
3.1.1.2	TIZÓN DE LA PIEZA DE MAMPOSTERÍA	50
3.1.1.3	SOGA DE LA PIEZA DE MAMPOSTERÍA	50
3.1.1.4	TOLERANCIAS EN LAS DIMENSIONES DE LA PIEZAS:	51
3.1.2	DISEÑO DE LA JUNTA	51
3.1.3	DISEÑO DE LA FORMA DE LA PIEZA	52
3.1.4	ALIVIANAMIENTO DE LOS ELEMENTOS	53
3.1.5	ELEMENTOS BASE Y ELEMENTOS ADICIONALES	55
3.1.5.1	REFORZAMIENTO DE LOS MUROS MAMPUESTOS	55
3.1.5.2	INSTALACIONES INTERIORES	59
3.1.5.3	ELEMENTOS MÁS PEQUEÑOS O SUBELEMENTOS	60
3.1.5.4	PUERTAS Y VENTANAS	63
3.1.5.4.1	MODULACIÓN DE PUERTAS Y VENTANAS	63
3.1.5.4.2	DINTELES PREFABRICADOS	65
3.1.5.5	ELEMENTOS ESQUINA	70
3.1.5.6	REVESTIMIENTO	71
3.1.5.7	COLORES Y TEXTURAS	72
3.2	PROCESO DE FABRICACIÓN DE LA PIEZA DE MAMPOSTERÍA	73
3.2.1	MATERIALES	73
3.2.2	MOLDES	75
3.2.3	TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO	75
3.2.4	PROPIEDADES ACÚSTICAS, TÉRMICAS Y DE RESISTENCIA AL FUEGO DE LAS PIEZAS FABRICADAS	76
3.3	COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA MAMPOSTERÍA	78
3.3.1	ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE DE LAS PIEZAS	78
3.4	ENSAYOS DE PRODUCTIVIDAD DEL PROCESO DE COLOCACIÓN DE LAS PIEZAS DE MAMPOSTERÍA	78



OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	82
4.1	RESULTADOS DE LA FABRICACIÓN DE LAS PIEZAS DEL SISTEMA MMBH	82
4.2	RESULTADOS DEL ENSAYO A COMPRESIÓN SIMPLE DE LAS PIEZAS	85
4.3	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE PRODUCTIVIDAD	86
4.4	RESULTADOS DE PRECIOS UNITARIOS	90
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	97
6	BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS	100
7	ANEXOS	103

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1.2-1	Tipo de pared en las edificaciones del área urbana de Cuenca	12
Gráfico 1.2-2	Tipo de pared en las edificaciones del Ecuador	12
Gráfico 2.1-1	Técnicas para la construcción de muros	14
Gráfico 2.1-2	Clasificación de la mampostería según los materiales utilizados	15
Gráfico 2.1-3	Clasificación Estructural de la mampostería	16
Gráfico 2.1-4	Clasificación de la mampostería según el conglomerante usado	18
Gráfico 2.1-5	Clasificación de la mampostería según sus perforaciones	19
Gráfico 2.1-6	Pieza de mampostería	20
Gráfico 2.1-7	Catedral nueva de Cuenca-Catedral de la Inmaculada Concepción	21
Gráfico 2.1-8	Colegio Benigno Malo Cuenca	21
Gráfico 2.3-1	comportamiento del sonido sobre una pared	28
Gráfico 2.4-1	Diferentes aparejos o colación de mampostería	30
Gráfico 2.4-2	Diferentes acabados para piezas de mampostería	31
Gráfico 2.7-1	División de un medio periódico en celdas unidad	34
Gráfico 2.7-2	División del medio periódico en cuadriláteros	35
Gráfico 2.7-3	División del medio periódico en hexágonos	35
Gráfico 2.7-4	Celdas unidad con formas más complicadas	35
Gráfico 2.7-5	División del plano aperiódico y aleatorio	36
Gráfico 2.7-6	Muros según la disposición de colocación de las piezas o tejido	36
Gráfico 2.7-7	Formas más complicadas para dividir el espacio	37
Gráfico 2.8-1	Falla ante carga axial compresión	39
Gráfico 2.8-2	Ensayo de compresión diagonal	39
Gráfico 2.8-3	Fallas por cortante	40
Gráfico 2.8-4	Posibles modos de falla en un muro de mampostería	40



OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

Gráfico 2.8-5 Resistencia a la compresión, en bloque no portantes	41
Gráfico 3.1-1 Alzada del muro propuesto	50
Gráfico 3.1-2 Modulación de diferentes alturas de muros	50
Gráfico 3.1-3 Traba utilizada en el sistema MMBH	52
Gráfico 3.1-4 Forma del elemento	53
Gráfico 3.1-5 Diferentes vistas del elemento diseñado	54
Gráfico 3.1-6 Dimensionamiento del elemento	54
Gráfico 3.1-7 Encaje y acoplamiento de las piezas de mampostería	55
Gráfico 3.1-8 Detalle de ganchos estándar	58
Gráfico 3.1-9 Detalle del diseño de fundición de columnetas	59
Gráfico 3.1-10 Detalle de empalme y anclaje	59
Gráfico 3.1-11 Mitad de una pieza con corte horizontal	60
Gráfico 3.1-12 Cuarto de una pieza con corte vertical	61
Gráfico 3.1-13 Mitad de una pieza	61
Gráfico 3.1-14 Ejemplo de modulación perfecta	62
Gráfico 3.1-15 Ejemplo de modulación imperfecta	62
Gráfico 3.1-16 Diferentes modulaciones de ventanas propuestas	64
Gráfico 3.1-17 Diferentes modulaciones de puertas propuestas	65
Gráfico 3.1-18 Carga aplicada sobre el dintel	66
Gráfico 3.1-19 Distribución de deformaciones y esfuerzos en una sección sujeta a flexión	66
Gráfico 3.1-20 Hipótesis de ACI-318 de la distribución de deformaciones y esfuerzos en la zona de compresión	66
Gráfico 3.1-21 Momento flector del dintel con carga mayorada	67
Gráfico 3.1-22 Esfuerzo cortante del dintel con carga mayorada	68
Gráfico 3.1-23 Dintel con luz de 3.60 m	70
Gráfico 3.1-24 Dintel 3D	70
Gráfico 3.1-25 Tejido de la mampostería propuesta en la esquina	71
Gráfico 3.1-26 Empastado de la mampostería propuesta	72
Gráfico 3.1-27 Pintura hidrórepelente Sika	72
Gráfico 3.1-28 Paneles texturizados	73
Gráfico 3.1-29 Paneles de colores	73
Gráfico 3.2-1 Pieza cortada con amoladora	74
Gráfico 3.2-2 Piezas cortadas colocadas en obra	75
Gráfico 3.2-3 Producción en fábrica de las piezas	75
Gráfico 3.2-5 Manipulación de las	76
Gráfico 3.2-4 Almacenamiento de las piezas sobre tiras de madera	76
Gráfico 3.2-6 Conductibilidad térmica vs el peso específico aparente seco.	77
Gráfico 3.4-1 Clasificación de la actividades de trabajo	80
Gráfico 4.1-1 Fotos del sistema MMBH	82
Gráfico 4.1-2 Manipulación de la pieza entre dos personas	84
Gráfico 4.2-1 Prensa utilizada para ensayar los elementos	85
Gráfico 4.2-2 Piezas ensayadas	85
Gráfico 4.3-1 Gráfico de barras comparativo de la productividad de construcción de diferentes sistemas de mampostería	89
Gráfico 4.4-1 Comparación de precios unitarios 1	91
Gráfico 4.4-2 Comparación de precios unitarios 2	94



OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

Gráfico 4.4-3 Comparación de precios unitarios 2 con empaste	95
Gráfico 4.4-4 Comparación de precios unitarios 2 con empaste	96

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.2-1 Elementos del sistema	22
Tabla 2.2-2 Especificaciones de mortero por propiedades	24
Tabla 2.2-3 Guía para la selección de morteros	24
Tabla 2.2-4 Clasificación de los morteros	25
Tabla 2.3-1 Espesores equivalente (eq) y de muros inyectados expresados como horas de resistencia al fuego.	29
Tabla 2.10-1 Diferentes sistemas de mampostería usados en el mundo	45
Tabla 2.10-2 Continuación	46
Tabla 2.10-3 Continuación	47
Tabla 3.1-1 Número de elementos utilizados para cada caso del ejemplo	63
Tabla 3.1-2 Datos utilizados para el diseño del dintel	65
Tabla 3.1-3 Tanteos de "c" para el diseño del dintel	67
Tabla 3.1-4 Deflexiones	68
Tabla 3.4-1 Fotos de los diferentes sistemas de mampostería comparados	81
Tabla 4.2-1 Resistencia a compresión de las piezas	85
Tabla 4.3-1 Datos obtenidos de la productividad	86
Tabla 4.3-2 Productividad del sistema constructivo MMBH	86
Tabla 4.3-3 Comparación de la productividad de construcción de diferentes sistemas de mampostería	87
Tabla 4.4-1 Comparación de precios unitarios 1	90
Tabla 4.4-2 Precios unitarios de diferentes mamposterías 2	91
Tabla 4.4-3 Comparación de precios unitarios 2	92

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 3.1-1 Longitud de desarrollo	56
Ecuación 3.1-2 Longitud de desarrollo para ganchos	57
Ecuación 3.1-3 Longitud de traslape a compresión	58
Ecuación 3.1-4 Diseño a flexión de una viga	68
Ecuación 3.1-5 diseño a cortante de una viga	68
Ecuación 3.1-6 Deflexiones	69



OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR



Universidad de Cuenca
Clausula de derechos de autor

Yo, *Andrés Sebastián Zalamea Suárez*, autor de la tesis "*OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR*", reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Ingeniero Civil. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor.

Cuenca, Octubre de 2015.

Andrés Sebastián Zalamea Suárez

C.I: 0302057914



OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR



Universidad de Cuenca
Clausula de propiedad intelectual

Yo, *Andrés Sebastián Zalamea Suárez*, autor de la tesis "*OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR*", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, Octubre de 2015.

Andrés Sebastián Zalamea Suárez

C.I: 0302057914



OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

La construcción en nuestra región es producto de un valioso legado ancestral; generándose pocas modificaciones hasta nuestros días. Sin embargo, desde hace algún tiempo, han surgido importantes investigaciones que han generado innovadoras formas de construir, mejorando distintos aspectos y es, en esta corriente, donde se inscribe este trabajo de titulación. Se desarrolla una propuesta que busca reducir los tiempos utilizados en la construcción de muros o paredes de mampostería, a través de un sistema constructivo de “Mampostería de Macro Bloques de Hormigón, MMBH.”

El proyecto de investigación se enfoca en desarrollar muros divisorios no portantes. Para la fabricación de las piezas de mampostería, se cuenta con la ayuda de la fábrica del Ing. Galo Zalamea León. Los ensayos de productividad se realizarán en obras contratadas por esta misma empresa y los ensayos de materiales en el laboratorio de materiales de la Universidad de Cuenca.

1.2 JUSTIFICACIÓN

Los aspectos que motivaron este proyecto de investigación son:

- La inversión en construcción en Ecuador está en constante crecimiento (INEC, 2012), lo cual exige investigación y análisis del tema.
- En construcción de paredes, la mampostería es la técnica que predomina en el medio; para el cantón Cuenca en el área urbana el 84.72% de las viviendas tienen paredes de mampostería y a nivel nacional el 68.89% (INEC, 2010). Ver Gráfico 1.2-1 y
- Gráfico 1.2-2.
- La construcción en la región ha tenido poco desarrollo tecnológico y científico (Peña, 2012).
- El tiempo de construcción y en específico la productividad del proceso de colocación, es un factor determinante en el precio y aceptación de un sistema constructivo.

Enmarcándonos en este entorno, donde la construcción tiene gran inversión, en especial las paredes de mampostería, advertimos que no existe gran desarrollo en este



OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

campo en la región. Es por este motivo que este trabajo de titulación propone un sistema constructivo de mampostería de alto rendimiento en su proceso de colocación.

GRÁFICO 1.2-1 TIPO DE PARED EN LAS EDIFICACIONES DEL ÁREA URBANA DE CUENCA

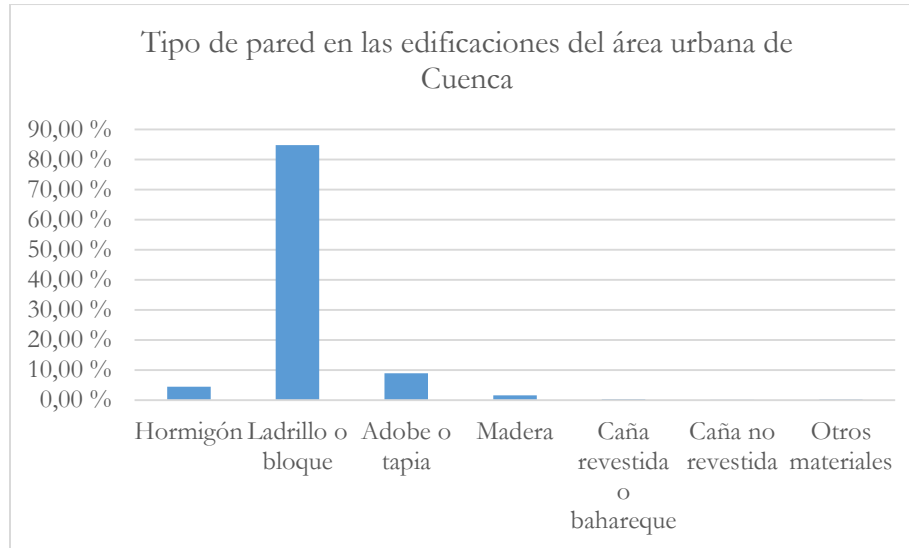
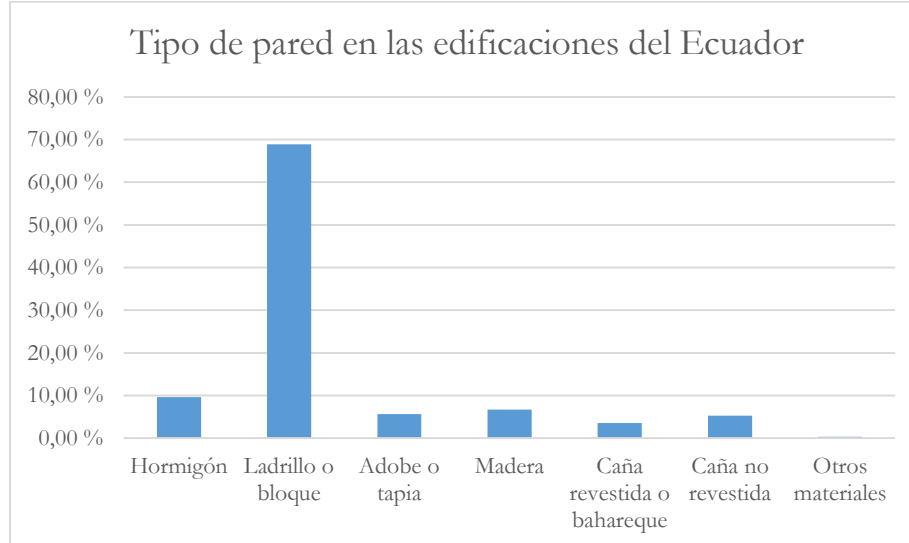


GRÁFICO 1.2-2 TIPO DE PARED EN LAS EDIFICACIONES DEL ECUADOR



1.3 OBJETIVO GENERAL

- Desarrollar un sistema constructivo de "Mampostería de Macro Bloques de hormigón MMBH", con el fin principal de aumentar la productividad en la colocación de piezas de mampostería, reduciendo los tiempos de construcción.



OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Investigar acerca de mampostería, sus componentes, antecedentes, estado actual y productividad dentro del proceso constructivo.
2. Proyectar el sistema constructivo en cuanto a su: dimensionamiento, forma, peso y proceso de colocación.
3. Fabricar las piezas de mampostería y ensayar los materiales de las mismas.
4. Analizar el proceso de colocación y su productividad.

1.5 HIPÓTESIS

- Se puede desarrollar un sistema constructivo de "Mampostería de Macro Bloques de Hormigón celular, MMBH", que se ajuste técnicamente a las condiciones del entorno en cuanto que, usando prefabricación ligera, no se necesita de mayores recursos tecnológicos de los que ya se usa en proyectos comunes en la actualidad y en la región. Y se busca reducir también con este sistema el tiempo utilizado en el proceso de colocación de las piezas.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

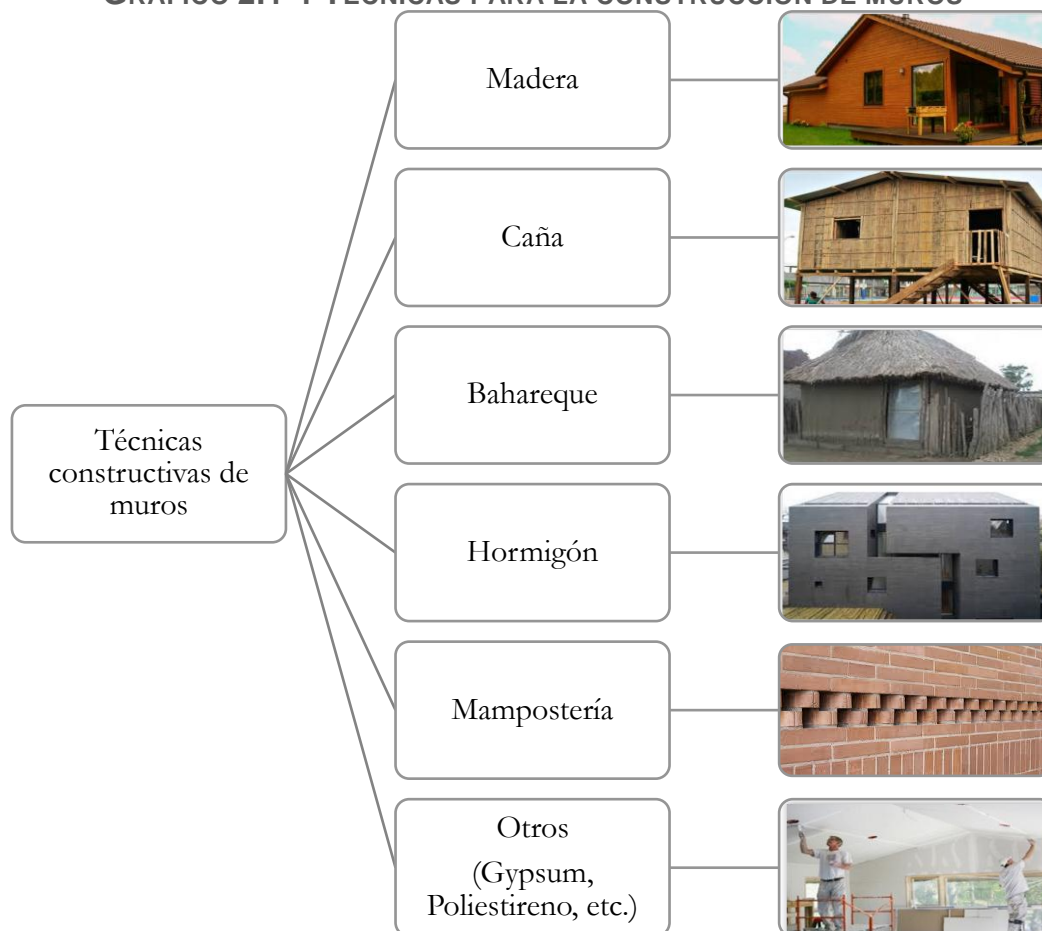
El presente capítulo presenta definiciones utilizadas para delimitar y contextualizar este trabajo. Presenta también investigaciones realizadas en la rama de la productividad del proceso de colocación de la mampostería.

2.1 MAMPOSTERÍA

2.1.1 CLASIFICACIÓN Y DEFINICIONES

La mampostería es la técnica predominante dentro de la construcción de muros, como se observa en el Gráfico 1.2-1 y Gráfico 1.2-2. Se presenta en el Gráfico 2.1-1 los sistemas constructivos que se usan en la región.

GRÁFICO 2.1-1 TÉCNICAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE MUROS



OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

Mampostería. Conjunto trabado de piezas asentadas y unidas, unas sobre otras, para formar: muros arcos, cúpulas etc. ((Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI) y Cámara de la Industria de la Construcción (CAMICON)) NEC, 2014).

Este concepto a su vez abarca un amplio campo que podría ser descrito, clasificándolo a través de múltiples propiedades consideradas:

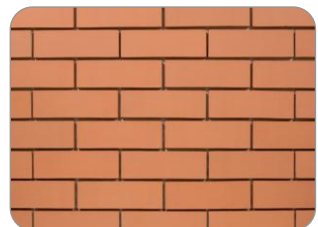
GRÁFICO 2.1-2 CLASIFICACIÓN DE LA MAMPOSTERÍA SEGÚN LOS MATERIALES UTILIZADOS



Adobe



Piedra



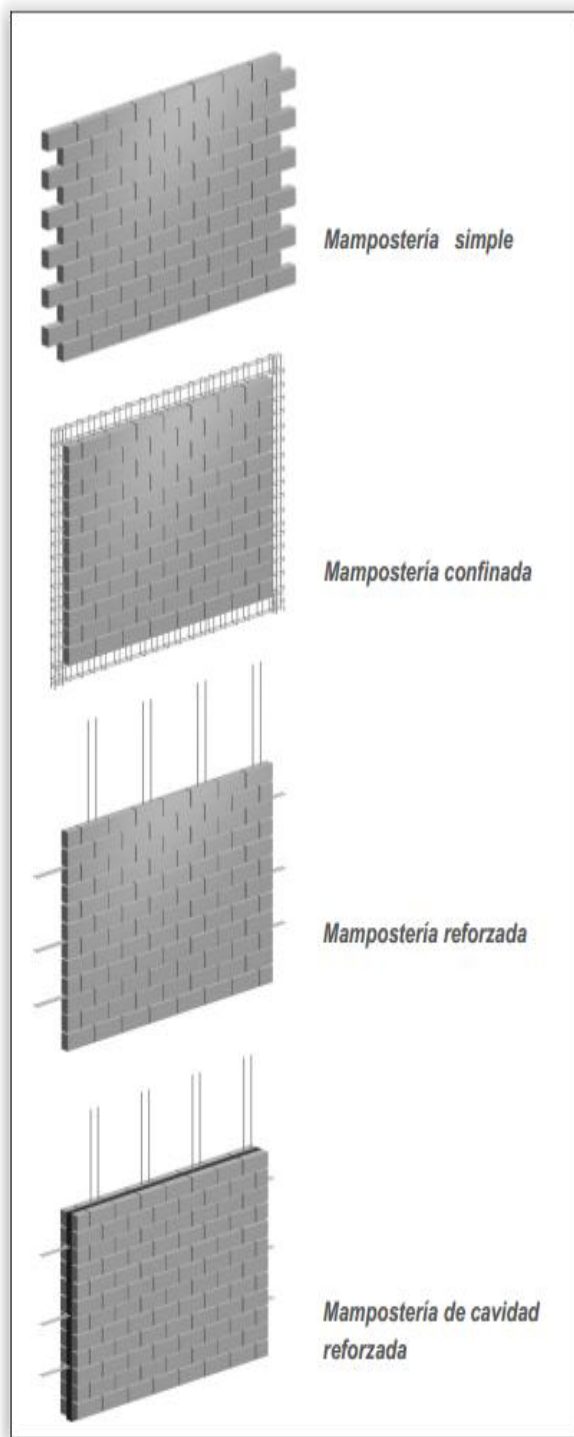
Ladrillo



Bloque

OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

GRÁFICO 2.1-3 CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE LA MAMPOSTERÍA



Mampostería simple (no reforzada). Es la estructura conformada por piezas de mampostería unidas por medio de mortero. Esta mampostería no tiene refuerzo o está reforzada pero su cuantía es menor a la mínima establecida para la mampostería parcialmente reforzada. Y debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Los muros de este tipo de mampostería deben tener un espesor mínimo nominal de 120 mm.
- Los muros de mampostería no reforzada deben diseñarse por el método de esfuerzos admisibles.

Definición y requerimientos establecidos en la norma NEC "Mampostería Estructural" ((Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI) y Cámara de la Industria de la Construcción (CAMICON)) NEC, 2014)

Este tipo de mampostería se denomina también mampostería de relleno, su función es dividir ambientes, no tiene función estructural. Se construye uniendo piezas de mampostería y su junta por lo general es de mortero de cemento o cemento y cal.

Mampostería Confinada o Aporticada. Mampostería construida rígidamente rodeada en sus cuatro lados por pilares y vigas de hormigón armado, proyectados para que trabajen como pórticos resistentes a flexión. Dentro de la literatura se puede encontrar una diferenciación entre confinada y aporticada en el presente trabajo se asume como iguales.

Mampostería reforzada. Muros contruidos de piezas de perforación



OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

vertical, reforzados en su interior con barras de acero. Las juntas horizontales son de mortero. Es la mampostería con refuerzo embebido en celdas rellenas, conformando un sistema monolítico. Las cuantías y requerimientos con los que se diseña esta mampostería están sujetos a ((Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI) y Cámara de la Industria de la Construcción (CAMICON)) NEC, 2014).

Este Sistema estructural se usa para efectos de diseño sismo resistente, con capacidades especiales de disipación de energía en el rango inelástico (DES) (Reglamento Colombiano, 2010).

Mampostería parcialmente reforzada. Es la estructura conformada por piezas de mampostería de perforación vertical, unidas por medio de mortero, reforzada internamente con barras y alambres de acero. La cuantía de acero que utiliza es menor a la de la mampostería reforzada (Debe cumplir requerimiento NEC, sección 7, pág. 49-50, ((Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI) y Cámara de la Industria de la Construcción (CAMICON)) NEC, 2014)).

Este sistema estructural se usa para diseños sismo resistentes, como uno de los sistemas con capacidad moderada de disipación de energía en el rango inelástico (DMI) (Reglamento Colombiano, 2010).

Las perforaciones verticales, espesores de paredes y tabiques tanto para mampostería reforzada como parcialmente reforzada están normalizadas en códigos como (NSR-10) (Reglamento Colombiano, 2010), (Norma Chilena, Nch-2009) (INN-Chile, 2009), entre otros.

La mampostería de cavidad reforzada. Es la construcción realizada con dos paredes de piezas de mampostería, separadas por un espacio continuo de concreto reforzado en funcionamiento compuesto.(Rivera, 2010)

Mampostería postensada. La capacidad de carga de muros de mampostería está limitada por su baja resistencia a esfuerzos de tensión producidos por flexión o fuerzas cortantes. La resistencia a estos efectos puede aumentar considerablemente si se introducen en los muros esfuerzos de compresión mediante técnicas de postensado. (UNAM, 2015) y (E. Zalamea, 2012).

OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

GRÁFICO 2.1-4 CLASIFICACIÓN DE LA MAMPOSTERÍA SEGÚN EL CONGLOMERANTE USADO



Junta de mortero de cemento



Junta seca



tierra



Junta de

Otras juntas (cal, juntas de materiales cementantes patentados (Ejem. Weinerverger), etc.)

Mampostería con conglomerante. El conglomerante tiene dos funciones principales, cubrir espacios para que las piezas se asienten bien y ligar las piezas. Dentro de los conglomerantes hay la posibilidad de utilizar diferentes materiales; el mortero de cemento es el material más comúnmente usado.

Mampostería seca. La mampostería seca es la colocada a tope sin junta de conglomerante. (Herrea & Guillermo, 2010). Esta trabaja por simple fricción y/o por trabamiento de las piezas.

La mampostería seca es la primera en surgir como se describe en la sección 2.1.3. Luego, como se expone en la misma sección, la mampostería con junta de mortero se

OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

convierte en la más utilizada debido al uso de materiales cementantes de buenas propiedades. En la sección 2.10 se presenta investigaciones hechas de un tiempo acá; algunas procuran retomar el uso de la mampostería seca con el propósito de reducir tiempos de colocación de las piezas.

Las juntas y el conglomerante son abordados más a fondo en la sección 2.2.1.

GRÁFICO 2.1-5 CLASIFICACIÓN DE LA MAMPOSTERÍA SEGÚN SUS PERFORACIONES



Perforaciones horizontales
Perforaciones verticales

Multiperforaciones

estructural)

(bloque

La razón principal de generar perforaciones en un bloque es economizar por reducción de material; en el caso de las perforaciones verticales, en esta cavidad se coloca el acero de refuerzo. Las perforaciones pueden también posibilitar el paso de instalaciones al interior de la pared, disminuyen puentes térmicos o incluso si se considera necesario pueden ser rellenas de material aislante.

Otra forma de clasificar a la mampostería es la geometría que forma la posición en la que se colocan las piezas para ocupar el espacio, se puede observar estas disposiciones en el Gráfico 2.7-6

2.1.2 NOMENCLATURA USADA PARA LAS PIEZAS DE MAMPOSTERÍA

Esta subsección presenta algunos conceptos extraídos de la norma NEC “Mampostería Estructural” ((Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI) y Cámara de la Industria de la Construcción (CAMICON)) NEC, 2014)

OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

Pieza de mampostería. Unidad fabricada, para utilizarse en la construcción de mamposterías.

Soga. Dimensión correspondiente al lado mayor o largo.

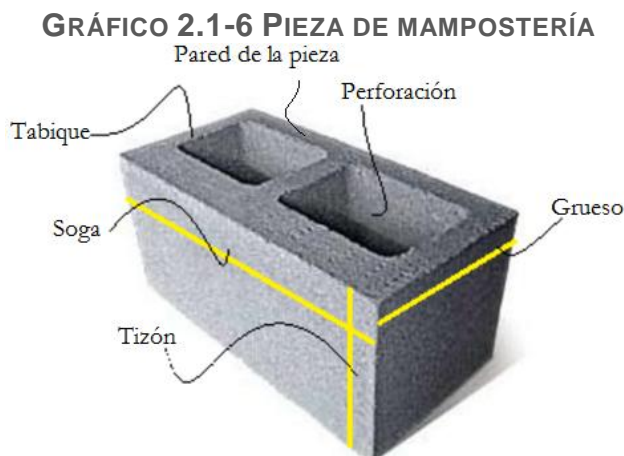
Tizón. Dimensión correspondiente al lado intermedio o ancho.

Grueso. Dimensión al lado menor o altura.

Perforación. Vacío conformado en una pieza que puede o no atravesarla completamente.

Tabique. Material entre huecos de una pieza.

Pared de la pieza. Volumen formado por el material de la pieza dado al multiplicar soga x tizón y espesor hasta el punto donde empieza la perforación.



2.1.3 MAMPOSTERÍA EN LA HISTORIA

El uso de la mampostería se remonta a tiempos prehistóricos, cuando se empleaban piedras montadas sin conglomerantes o con conglomerantes poco elaborados como la tierra, colocando estas piedras unas sobre otras para construir refugios. Cuando el hombre se hace sedentario, empieza a edificar muros mampuestos; los vestigios de mampuestos más antiguos encontrados hasta ahora datan del año 8.000 a.C. (Hernández, 2013). Luego pasaron a ser parte de la expresión cultural de adoración y estructuras de interés militar. Podemos citar ejemplos de mampostería como: el anillo de Stonehenge, en Inglaterra (hace 4.000 años); las pirámides egipcias (2.500 años a.C.), la gran muralla china de más de 1.500 millas; las pirámides de Yucatán y

OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

Teotihuacán en México, las paredes de piedra de Machu Picchu en Perú y el Taj Majal en India.

Ulteriormente, en Roma, se inventó el mortero de cemento y cal; se construyeron arcos, bóvedas y cúpulas. Luego del siglo V d.C., y por varios cientos de años, se detienen los avances de la tecnología de la mampostería, dejando de fabricar ladrillos, también los morteros de cemento y cal desaparecen.

En el siglo XII, se empieza a construir arcos de estilo gótico y bóvedas que posibilitan cubrir grandes luces. Los muros se hacen más esbeltos y se les colocan contrafuertes. En el siglo XVIII, junto a la revolución industrial, se empieza a elaborar ladrillos de arcilla en grandes fábricas. A partir del siglo XVIII hasta el XXI, se ha venido utilizando la mampostería como elemento primario para la construcción de edificios y desarrollándola también inmersa en la tecnología del reforzamiento (Peña, 2012).

En la ciudad de Cuenca, existen edificios históricos y representativos construidos con mampostería; entre ellos se pueden destacar: la iglesia Catedral de la Inmaculada Concepción (Catedral nueva) y el colegio Benigno Malo.

GRÁFICO 2.1-7 CATEDRAL NUEVA DE CUENCA-
CATEDRAL DE LA INMACULADA CONCEPCIÓN



La Catedral de Cuenca es el más grande e importante monumento de fe de los católicos cuencanos. Los planos fueron elaborados por el sacerdote alemán Juan Bautista Stiehle, quien diseñó un templo de dimensiones colosales, cuya construcción empezó en el año de 1885 y se prolongó por casi cien años.

Esta estructura es construida íntegramente con muros de mampostería de ladrillo con mortero de cal. En la cimentación se usaron bloques de piedra tallados. En las columnas y en los muros más gruesos la mampostería de ladrillo se utilizó como encofrado, relleno al interior con piedra y mortero de cal. En este proyecto se usó varias molduras exclusivas para la catedral.

GRÁFICO 2.1-8 COLEGIO BENIGNO MALO CUENCA



Su arquitectura es única, tiene un estilo neoclásico francés. El diseño y la



OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

construcción corresponden al arquitecto quiteño Felipe Donoso Barba. La construcción se realizó entre los años de 1923-1950. Es el primer colegio del Azuay.

2.2 ELEMENTOS DEL SISTEMA

TABLA 2.2-1 ELEMENTOS DEL SISTEMA

MURO DE MAMPOSTERIA	UNIDADES DE MAMPOSTERIA	Unidades de arcilla, concreto o suelo- cemento
	MORTERO DE PEGA	Convencional o premezclado
ELEMENTOS DE CONFINAMIENTO	VIGAS Y	Acero de refuerzo longitudinal y transversal
	COLUMNAS	Concreto

Tabla obtenida de ("Lección 17 Mampostería Confinada," 2015)

Mano de obra: un pegador y su ayudante para levantar el muro mampuesto (tipo tradicional) el equipo de trabajo puede variar según las necesidades del sistema.

Equipo y herramientas: cortadora de unidades de mampostería, bailejo, nivel de albañilería, plomada, piola, baldes, palas, mazo de goma, cepillo, flexómetro, escuadra metálica, clavos.

Rendimiento: este se mide en m^2/h , en este trabajo también se lo denomina productividad, se expone con más profundidad en la sección 3.4.

2.2.1 JUNTAS DE CONSTRUCCIÓN

La junta dentro de la mampostería es la hilada de material conglomerante puesta tanto horizontal (tendel) como vertical (sutura) ((Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI)) NEC, 2011), con el propósito de:

- Unir las piezas de mampostería para que trabajen juntas.
- Permitir una colocación adecuada de un elemento sobre otro.
- Impermeabilizar.

La junta tradicionalmente es de mortero, sin embargo se podría usar otro tipo de materiales conglomerantes.

Los espesores promedios de las juntas de mortero suelen ser de 10 mm, para las verticales y 12 mm para las horizontales (Amado, 2007).



OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

2.2.1.1 COLOCACIÓN DEL CONGLOMERANTE

En bloques de perforación vertical, el conglomerante de asiento se colocará en dos bandas, en sus bordes externos. Dichas bandas deberán tener un tamaño que permita suficiente base de apoyo al conglomerante. Las juntas verticales también deberán tener conglomerante. Para la primera hilada, se colocará conglomerante sobre toda la superficie de apoyo.

2.2.1.2 TRATAMIENTO DE LOS MAMPUESTOS

Las piezas de hormigón deberán asentarse en estado seco; colocarlas húmedos producirá dilataciones y contracciones problemáticas. A diferencia de los ladrillos que se humedecen previamente para que no absorban el agua del mortero. (Herrea & Guillermo, 2010)

2.2.1.3 MORTERO

Según la NEC, “Mezcla de conglomerantes inorgánicos, áridos y agua y en algunos casos adiciones y aditivos. Los morteros de pega, deben cumplir con la norma (INEN, 2010) y (ASTM, 1995). Estos morteros deben tener buena plasticidad, consistencia y ser capaces de retener el agua mínima para la hidratación del cemento; y, además, garantizar su adherencia con las unidades de mampostería para desarrollar su acción cementante.” ((Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI) y Cámara de la Industria de la Construcción (CAMICON)) NEC, 2014).

2.2.1.3.1 DOSIFICACIÓN DEL MORTERO DE PEGA

Según la norma (ASTM, 1995), especificaciones para morteros de mampostería, los morteros se clasifican en función de su resistencia, retención mínima de agua, contenido de aire y dosificación en: M, S, N y O.

La norma INEN ofrece una guía para seleccionar morteros de mampostería; es así que para el levantamiento de mampostería no portante se emplea el mortero tipo O, con alternativa de usar los tipos N y S. En Tabla 2.2-2 y Tabla 2.2-3, se puede observar estas especificaciones y la guía en Las tablas Tabla 2.2-2 y Tabla 2.2-3. .

OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

TABLA 2.2-2 ESPECIFICACIONES DE MORTERO POR PROPIEDADES

ESPECIFICACION POR PROPIEDADES ^(a)					
MORTERO	TIPO	Resistencia mínima promedio a compresión a 28 días kg/cm2	Retención mínima de agua (%)	Contenido máximo de aire (%)	Relación de agregados (medida en condición humedad y suelta)
Cemento - cal	M	176	75	12	No menor que 2.25 y no mayor que 3.5 veces la suma de los volúmenes separados de materiales cementantes
	S	127	75	12	
	N	53	75	14 ^(b)	
	O	25	75	14 ^(b)	
Cemento de mampostería	M	176	75		
	S	127	75		
	N	53	75		
	O	25	75		
(a) Mortero preparado en laboratorio					
(b) Cuando se coloca acero estructural en el mortero de cemento y cal, el contenido máximo de aire debe ser 12%					
Cuando se coloca acero estructural en el mortero de cemento de mampostería, el contenido máximo de aire debe ser 18%					

TABLA 2.2-3 GUÍA PARA LA SELECCIÓN DE MORTEROS

Guía para la selección de morteros para mampostería [^]			
Ubicación	Segmento de construcción	Recomendado	Tipo de mortero
Exterior, por encima del nivel de terreno	Muro portante	N	So M
	Muro no portante	O	N o S
	Antepecho	N	S
Exterior en o por debajo del nivel de terreno	Muro de cimentación, pared de retención, pozos de inspección, desagües, pavimentos, caminos y patios	S	Mo N
Interior	Muro portante	N	So M
	Tabiques no portantes	O	N
[^] Esta tabla no es adecuada para morteros de usos especializados, tales como chimeneas, mampostería reforzada y morteros resistentes a los ácidos.			

Los usos del mortero son:

- Mortero de pega.
- Mortero de relleno.
- Mortero de recubrimiento.



OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

Las dosificaciones utilizadas para alcanzar las resistencias requeridas se pueden observar en la Tabla 2.2-4.

TABLA 2.2-4 CLASIFICACIÓN DE LOS MORTEROS

Tipo de mortero	Resistencia mínima a compresión 28 días (MPa)	Composición en partes por volumen		
		Cemento	Cal	Arena
M20	20	1	-	2.5
M15	15	1	-	3
		1	0.5	4
M10	10	1	-	4
		1	0.5	5
M5	5	1	-	6
		1	1	7
M2.5	2.5	1	-	7
		1	2	9

Tipos de mortero, dosificaciones y resistencias mínimas a compresión a los 28 días. Tabla obtenida de ((Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI) y Cámara de la Industria de la Construcción (CAMICON)) NEC, 2014)

2.2.2 TRABA

Traba es un elemento físico o una forma en que se disponen los elementos para impedir mecánicamente desplazamientos.

Se quiere que las piezas de mampostería una vez colocadas formando el muro, trabajen como un todo de la mejor forma posible; para cumplir este objetivo, se genera trabas que impidan el desplazamiento que podría producirse por las cargas sobre el muro.

Se recomienda colocar las piezas dispuestas de manera que exista una traba entre sí que garantice su unidad constructiva. Para ello, las juntas verticales deben estar alternadas entre hiladas y los solapes serán mayores o iguales que un cuarto del largo de un mampuesto. Los muros de dos o más hojas¹ se podrán unir mediante conectores metálicos que garanticen su unidad constructiva. (Amado, 2007).

2.2.3 REVESTIMIENTO

El revestimiento es la capa última o de acabado que se da al muro con objetivos estéticos y para protección contra el agua u otros agentes atmosféricos.

¹ **Hoja:** Cada sección vertical continua, de un muro con el espesor de un mampuesto.



OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

Los revestimientos o recubrimientos más usados en nuestra región son:

- Enlucidos.
- Empastes.
- Fachaleta.

2.2.4 ALIVIANAMIENTO DE LOS ELEMENTOS DE HORMIGÓN

Se designa convencionalmente como hormigones livianos a aquellos que poseen características propias, que mediante métodos en el proceso de su elaboración se ha hecho más ligero que el hormigón convencional de cemento, grava y arena. El hormigón liviano fue clasificado e identificado durante mucho tiempo por la densidad que presenta, debido a que esta es inferior a 2400 kg/m^3 que es la densidad con la que fluctúa el hormigón normal.

En el campo estructural, la carga muerta generada por el peso propio de los elementos es motivo de consideración; si se reduce el peso de una edificación, en la mayor parte de casos se puede economizar en cuanto a la estructura misma.

Cuando se utiliza elementos prefabricados como las piezas de mampostería, se requiere manipular, transportar y almacenar las piezas; en la construcción se economizan recursos si los elementos que se utilizan son de menor peso.

Estudios demuestran que utilizando hormigón liviano se logra menor tiempo de ejecución en la obra, que si se utilizaran materiales tradicionales.

Otra de las características de los hormigones livianos es que posee una conductividad térmica relativamente baja, la cual es inversamente proporcional a su densidad.

Por otro lado, los hormigones livianos generan una alternativa de salida para ciertos desechos agrícolas como la ceniza de cáscara de arroz, ceniza de materiales combustibles utilizados para calderos, ceniza volcánica, etc.(Fernando, Guzmán, Eduardo, & Alcívar, 2015)

La construcción de hormigón liviano básicamente se da por la inclusión de aire en su estructura, por lo cual podemos clasificar al hormigón por su tipo de producción en tres maneras:

- 1) Hormigón de agregado ligero.
- 2) Hormigón aireado, celular, espumoso o gaseoso.
- 3) Hormigón con menor cantidad de áridos finos.



OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

Aparte del alivianamiento de los materiales dentro de la mampostería se usa comúnmente perforaciones que permiten reducir la cantidad de material utilizado cubriendo la misma área que cubriría un bloque macizo. Las perforaciones pueden ser tan innovadoras como se quiera, algo de esto se puede observar en los gráficos, Gráfico 2.1-5, Tabla 2.10-1, Tabla 2.10-2 y Tabla 2.10-3. Estas perforaciones también presentan favorables ventajas descritas en las secciones 2.3 y 3.1.5.1.

2.3 CARACTERÍSTICAS A CONSIDERARSE DENTRO DE LA CONSTRUCCIÓN DE MUROS

2.3.1 AISLAMIENTO TÉRMICO

Al pensar en un edificio, se visualiza un sitio confortable, que protege y entrega una cierta calidad ambiental, ya que una de las exigencias primarias del ser humano es la de mantenerse caliente en invierno y fresco en verano. Se sabe que el frío excesivo tiene repercusiones negativas en la salud. Además, hay que considerar las molestias que provocan el frío y el calor excesivo. Por lo anterior, se hace necesario mantener una cierta temperatura en el interior de un edificio, mediante sistemas de calefacción o aire acondicionado, lo que resulta caro. Estos costos pueden disminuir si se aísla térmicamente un edificio. El ahorro de energía es generalmente mucho mayor que el costo de la aislación térmica.

El aislamiento térmico de los muros se basa en el hecho de que, entre dos cuerpos con temperaturas diferentes, inevitablemente se produce un flujo calórico, desplazándose el calor desde el cuerpo más caliente al más frío, hasta que se produce el equilibrio de temperatura entre las superficies en contacto, luego si se interpone entre ambos un tercer cuerpo se produce el mismo efecto entre las superficies en contacto, con ello va disminuyendo la intensidad del flujo calórico al pasar de un cuerpo al otro, aún más, si el cuerpo intermedio tiene resistencia al paso del flujo a través de él, con la consideración de que ningún medio permite impedir el cambio de calor, sólo modificar su intensidad. Este es el mecanismo en que se basa la aislación térmica de los edificios, es decir, en proteger el ambiente interno del externo interponiendo algún material que disminuya al máximo la intensidad del flujo de calor entre ambos.

Las cámaras de aire en muros están formadas por dos tabiques que entre ellos contienen un espacio de aire. En condiciones en que el aire, dentro del tabique, está completamente en calma; se ha comprobado experimentalmente que gracias a la baja conductividad del aire, estas cámaras son muy buenos aislantes térmicos, siendo la separación mínima óptima entre los tabiques, para que la cámara actúe en forma eficiente, de 5 cm. (Gonzalo Arrau, 1988)

Materiales para el aislamiento térmico utilizados en la construcción:

Los materiales de aislamiento térmico utilizados en la construcción deben poseer ciertas propiedades específicas que se reseñan a continuación:

OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

- a) Conductividad térmica baja.
- b) Poca absorción de humedad.
- c) Resistentes a la acción del fuego y estables a la influencia del medio ambiente.
- d) Tener un bajo costo y ser de fácil aplicación.

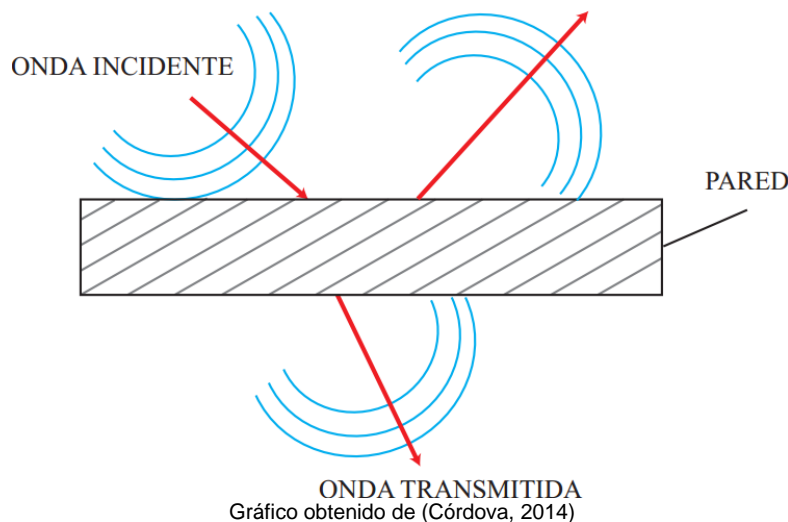
Los materiales que son considerados buenos aislantes térmicos en la construcción son:

- a) Hormigón celular.
- b) Cartón de yeso.
- c) Materiales de alto vacío.
- d) Papel ondulado.
- e) Lana de roca o lana mineral.
- f) Fibra de vidrio.
- g) Plásticos celulares (poliestireno expandido).

2.3.2 AISLAMIENTO ACÚSTICO

Las ondas de sonido después de chocar con un muro, son parcialmente reflejadas, absorbidas y transmitidas en diferentes cantidades, dependiendo de la clase de superficie, forma y composición del muro.

GRÁFICO 2.3-1 COMPORTAMIENTO DEL SONIDO SOBRE UNA PARED
ONDA REFLEJADA



Dependiendo de la materialidad, el ruido se pierde en el interior de la pared por transformación en calor sobre la maza de la pared o en sus poros. Después de haber ingresado en la pared, el ruido o sonido sale nuevamente por la cara posterior y se



OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

dividen en 3 categorías, según su forma de propagación (P) por los poros y fisuras, (O) por ondas elásticas y (V) por vibración.(Córdova, 2014)

Es importante estudiar el aislamiento acústico a la hora de diseñar teatros y auditorios, donde el sonido es emitido en un punto; debido a una apropiada reflexión debe ser audible a una distancia considerable; y, al mismo tiempo, el recinto debe estar aislado del ruido exterior.

Por otra parte, en hospitales, hoteles, viviendas, escuelas y oficinas, en donde los ruidos de habitaciones adyacentes y del exterior reducen el confort, también se requiere de materiales de construcción aislantes del sonido.(Herrea & Guillermo, 2010)

Los materiales que proporcionan buenas propiedades de aislamiento térmico a su vez son buenos aislantes acústicos.

2.3.3 RESISTENCIA AL FUEGO

Para efectos comparativos, la resistencia al fuego se expresa en función del espesor equivalente (eq), es decir, el espesor de material sólido existente en la trayectoria del flujo calórico. Dicho espesor equivalente corresponde a un número de horas necesario para que se produzca la elevación máxima de temperatura aceptada en el ensayo a resistencia al fuego.

El espesor equivalente para muros contruidos con unidades de mampostería puede estimarse a partir de los valores que se indican en la Tabla 2.3-1 que veremos a continuación. Los valores indicados aumentan significativamente, si se procede a inyectar las celdas de los muros de bloque de hormigón, como en el cual su resistencia al fuego se asume que aumenta a los valores que aparecen en la segunda fila.(Herrea & Guillermo, 2010)

**TABLA 2.3-1 ESPESORES EQUIVALENTE (EQ) Y DE MUROS INYECTADOS EXPRESADOS
COMO HORAS DE RESISTENCIA AL FUEGO.**

Resistencia al fuego	1	2	3	4	5
Espesor equivalente (eq) (mm)	80	100	130	170	
Espesor nominal de la unidad inyectada (mm)			150	200	250

Tabla obtenida de (Herrea & Guillermo, 2010)

2.4 RECOMENDACIONES PARA EL DISEÑO DE LA CONSTRUCCIÓN CON MAMPOSTERÍA

OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

Esta subsección presenta recomendaciones a considerarse en la etapa del diseño de la mampostería, las cuales han sido tomadas de (Herrea & Guillermo, 2010).

2.4.1 RECOMENDACIONES PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL

Un buen diseño de la mampostería requiere coordinar el diseño estructural con el arquitectónico, para lo cual se formulan las siguientes consideraciones:

- Seleccionar, desde el diseño, las dimensiones de las piezas a usar, para modular los muros según su longitud, espesor y altura.
- Hacer coincidir los ejes arquitectónicos con los estructurales, evitando ejes múltiples, para mayor facilidad constructiva y seguridad estructural.
- Diseñar y dibujar en planta, la primera hilada de los muros, con el fin de establecer las cantidades y características de las unidades que se van a utilizar en la obra y ofrecer una guía precisa para su construcción.
- Dibujar la alzada de los muros, verificando la modulación de las piezas a las necesidades de las alturas de puertas y ventanas, altura total del piso y dimensiones de los vanos.
- Demarcar en los planos las celdas que van a llevar refuerzo, las que se van a inyectar con mortero y las que tienen ductos para instalaciones, para tener toda la información al alcance de todos los que participan en la construcción y así evitar errores.

2.4.2 RECOMENDACIONES PARA EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO

Dentro de las ventajas de la mampostería, se puede mencionar el aporte que esta provee al campo arquitectónico. Con el uso de la mampostería, se pueden obtener excelentes acabados en muros exteriores e interiores, conservando la función estructural del muro y sin tener que recurrir al uso de materiales de revestimiento. Para lograr esto se pueden utilizar dos recursos básicos:

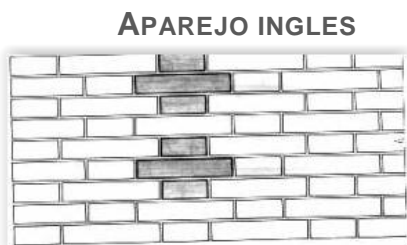
- La colocación de unidades según diferentes aparejos Gráfico 2.4-1 y **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

GRÁFICO 2.4-1 DIFERENTES APAREJOS O COLACIÓN DE MAMPOSTERÍA



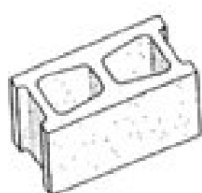
OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

Gráficos obtenidos de (Herrea & Guillermo, 2010)

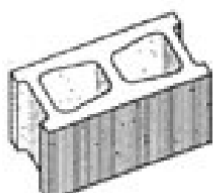


- A las piezas se les puede dar una infinidad de acabados, creando combinaciones de texturas y colores. Se pueden crear texturas lisas o ásperas, mediante diferentes dosificaciones y grados de compactación del hormigón. Texturas porosas o ásperas también facilitan la adherencia del reboque, estuco, pintura u otros recubrimientos.

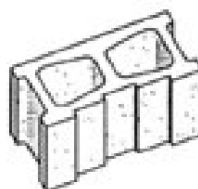
GRÁFICO 2.4-2 DIFERENTES ACABADOS PARA PIEZAS DE MAMPOSTERÍA



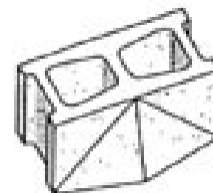
Superficie Plana



S. Esgrafiada



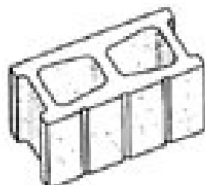
S. Escalonada



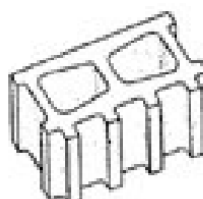
S. Angulada



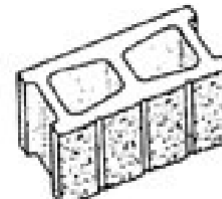
S. con Media Caña



S. Ranurada



S. Estriada



S. Ranurada y Partida

Gráfico obtenido de (Herrea & Guillermo, 2010)

2.5 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA MAMPOSTERÍA CON RESPECTO A OTROS SISTEMAS

VENTAJAS:

- Disminución de desperdicios de material de muros y acabados dada la modulación de las unidades de mampostería.
- Pueden aprovecharse los terminados propios de las unidades que evitan la aplicación de enlucidos o pinturas.



OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

- Las unidades cumplen doble función, estructural y arquitectónica.
- Cuando se utilizan unidades perforadas, en las celdas se pueden colocar los ductos de instalaciones.
- Se reduce la utilización de formaletería y obra falsa que suele usarse en muros de hormigón por motivos estéticos.
- Es un método tradicional que se encuentra contemplado en la Norma NEC.
- Por las características físicas de las unidades, la mampostería provee al sistema un buen aislamiento térmico y acústico.
- La resistencia al fuego es mayor que con otros tipos de materiales como el hormigón armado, madera y acero.
- Se optimizan los costos al utilizar los muros como portantes.
- Reparación y mantenimiento resultan simples.
- Resulta simple combinar la mampostería con otros materiales y elementos estructurales tales como pórticos.

DESVENTAJAS:

- Requiere un control riguroso sobre los procedimientos de manejo y colocación de los materiales.
- Requiere un diseño arquitectónico riguroso que permita la adecuación vertical y horizontal de los muros.
- No permite modificaciones fáciles en los espacios interiores de la edificación, como es el caso de la madera.
- Para el caso de la mampostería no estructural existe la necesidad de combinar con otros elementos estructurales como pórticos de hormigón y acero: que permitan a la estructura dar la suficiente tenacidad para liberar energía fuera del rango elástico, ante las cargas de los terremotos.
- Otro punto importante es que en general el ingeniero o arquitecto se enfrenta a proyectos ya diseñados, en los cuales no se tuvieron en cuenta condiciones que permitan la construcción eficiente en mampostería.

2.6 COORDINACIÓN MODULAR EN LA MAMPOSTERÍA

La adopción del sistema modular o normalización de los elementos constructivos, es una condición fundamental para industrializar la producción. El objeto de tal sistema es coordinar las dimensiones de todos los elementos de la construcción, partiendo de una unidad básica o patrón llamada módulo. El módulo es el máximo común divisor a partir del cual pueden deducirse todas las medidas de la construcción por adición o por multiplicación. Cuando todas las dimensiones son múltiplos del módulo y existan entre tales dimensiones relaciones cuyo resultado es un valor entero, se ha conseguido para el sistema la mutua coordinación de medidas. Además, resulta obvio que por razones tanto económicas como prácticas, conviene trabajar con un número reducido de medidas. Los números preferidos han sido creados a tal efecto: seleccionar las



OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

medidas de los componentes de los edificios (Saenz, 2011). Esta selección por demás difícil debe contemplar:

- Los requerimientos funcionales.
- Los números empíricos sobre las dimensiones utilizadas con más frecuencia.
- Las series sistemáticas.

La gran mayoría de los productos industriales, comúnmente, siguen una proporción geométrica y sus términos varían en una razón fija. Su aplicación es esencial desde que se produjo la interdependencia de la industria que requiere a su vez de una guía común. Por ello, se ha establecido y reconocido su importancia, recomendando su aplicación para todos los usos en que se trate de tamaños, superficies, capacidades, dimensiones más importantes, tendientes a crear una uniformidad e intercambiabilidad de productos similares de distinto origen con ventajas obvias.

Un aspecto importante en el ámbito de la mampostería es que se puede y se debe diseñar y construir teniendo en cuenta los principios de coordinación modular. Esto se logra gracias a que el sistema se basa en un módulo con submódulos (unidades enteras, medias, cuartos, etc.), que minimizan los cortes y ajustes de la obra.

La magnitud del módulo se elige según el libre criterio. Lo importante no es su tamaño sino el hecho de su fijación y coordinación.

2.6.1 CONSIDERACIONES DE LA COORDINACIÓN MODULAR EN LA MAMPOSTERÍA

- La pieza de mampostería más el espacio requerido para la junta con el adyacente debe ocupar el espacio modular pertinente, por lo que su tamaño es menor que su dimensión modular.
- Las medidas modulares de los componentes deberán ser siempre múltiplos del módulo básico. Las medidas preferentes y más ventajosas se obtienen dividiendo por dos y por cuatro el módulo.

2.7 EL MÓDULO COMO UNIDAD PARA DIVIDIR DEL ESPACIO

Una pared o muro de mampostería puede visualizarse como un medio periódico, formado por la repetición ordenada de piezas de mampostería y mortero de juntas. La forma de obtener el volumen unidad o modulo se expone en (J. F. Zalamea, 2000) o (Pavlov & Jojlov, 1987) que proponen estos conceptos que se pueden sintetizar brevemente como sigue:

OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

Todo medio periódico se puede dividir en volúmenes unidad (módulo) de manera que el medio periódico (en este caso una pared) se construya exactamente por la repetición ordenada del volumen unidad.

Dicha repetición ordenada se encuentra establecida por unos vectores de periodicidad, los cuales definen la dirección y magnitud de la repetición o traslado de la celda unidad.

GRÁFICO 2.7-1 DIVISIÓN DE UN MEDIO PERIÓDICO EN CELDAS UNIDAD

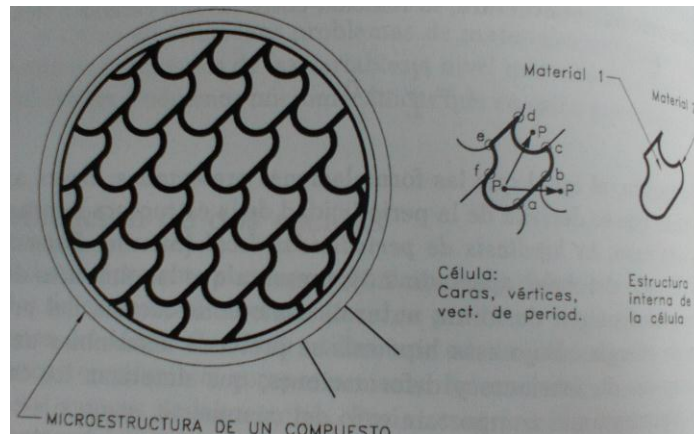


Grafico obtenido de (J. F. Zalamea, 2000)

Una pared de mampostería puede entenderse como un medio periódico bidimensional, en dicho caso cualquier división en celdas unidad de manera abstracta puede reducirse a un cuadrilátero o a un hexágono (Lene, 1986).

Se establece además que si se mantienen estos vectores de periodicidad, se puede cambiar la forma de los lados, es decir, estos no tienen que ser necesariamente rectos.

OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

GRÁFICO 2.7-2 DIVISIÓN DEL MEDIO PERIÓDICO EN CUADRILÁTEROS

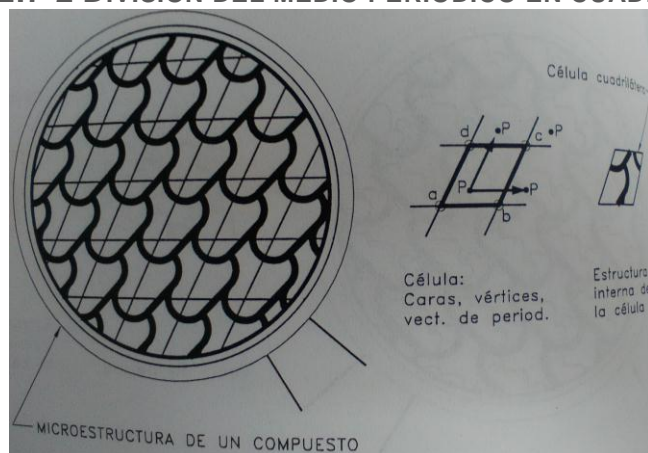


Grafico obtenido de (J. F. Zalamea, 2000)

GRÁFICO 2.7-3 DIVISIÓN DEL MEDIO PERIÓDICO EN HEXÁGONOS

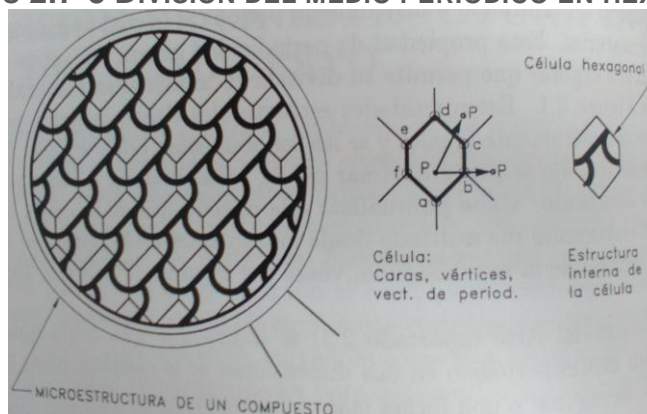


Grafico obtenido de (J. F. Zalamea, 2000)

GRÁFICO 2.7-4 CELDAS UNIDAD CON FORMAS MÁS COMPLICADAS

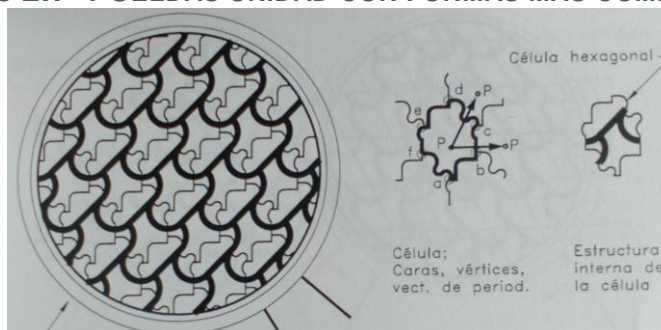


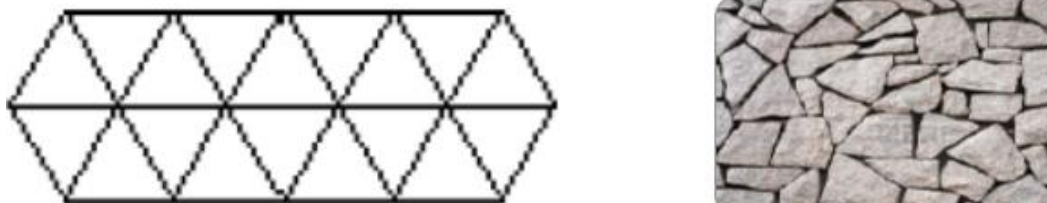
Grafico obtenido de (J. F. Zalamea, 2000)

OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

A manera de ejemplo en los gráficos, Gráfico 2.7-2 y Gráfico 2.7-3, se presenta como un medio periódico bidimensional cualquiera se divide en celdas cuadrilaterales y hexagonales. Posteriormente se cambia la forma de sus lados, a una forma no recta arbitraria, pero manteniendo la periodicidad.

Se puede mencionar que una región se puede dividir también de forma aperiódica con celdas unidad que presenten rotaciones, el caso de triángulos equiláteros que al rotar dividen el espacio, o inclusive de forma aleatoria, como sería el caso de un muro de piedras; ver Gráfico 2.7-5. Dentro de este trabajo estos casos no son parte del estudio.

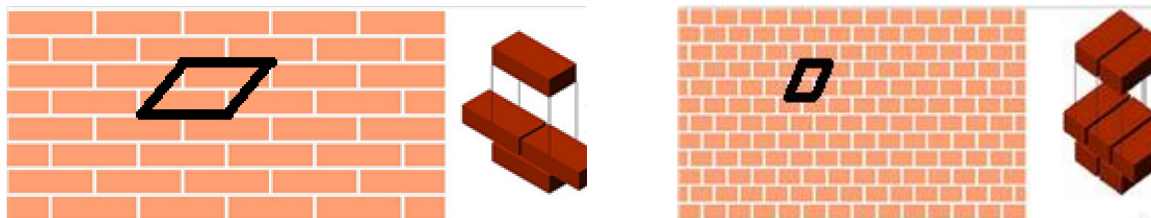
GRÁFICO 2.7-5 DIVISIÓN DEL PLANO APERIÓDICO Y ALEATORIO



La teoría de homogenización (J. F. Zalamea, 2000) utiliza estos conceptos en el estudio de materiales compuestos periódicos.

Acercándose al tema que estudia este trabajo, se muestra como es comúnmente usada esta división.

GRÁFICO 2.7-6 MUROS SEGÚN LA DISPOSICIÓN DE COLOCACIÓN DE LAS PIEZAS O TEJIDO
APAREJO TRABADO DE SOGAS **APAREJO A TIZONES**



OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

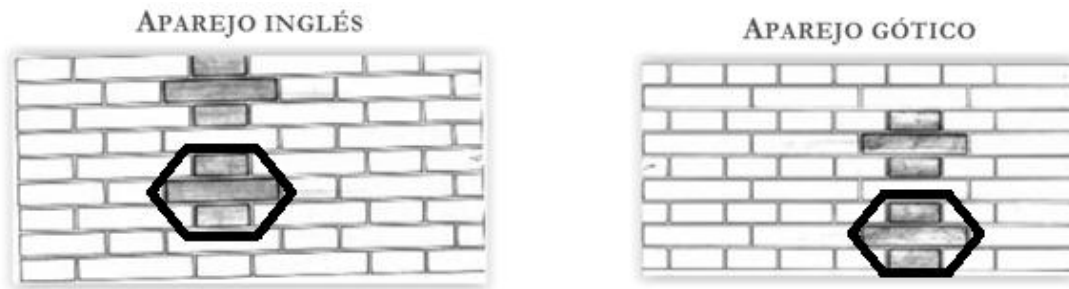


GRÁFICO 2.7-7 FORMAS MÁS COMPLICADAS PARA DIVIDIR EL ESPACIO

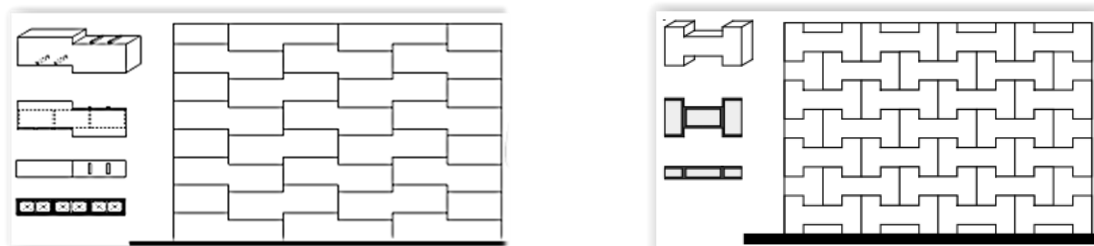


Grafico obtenido de (Crespo Muñoz, 2015)

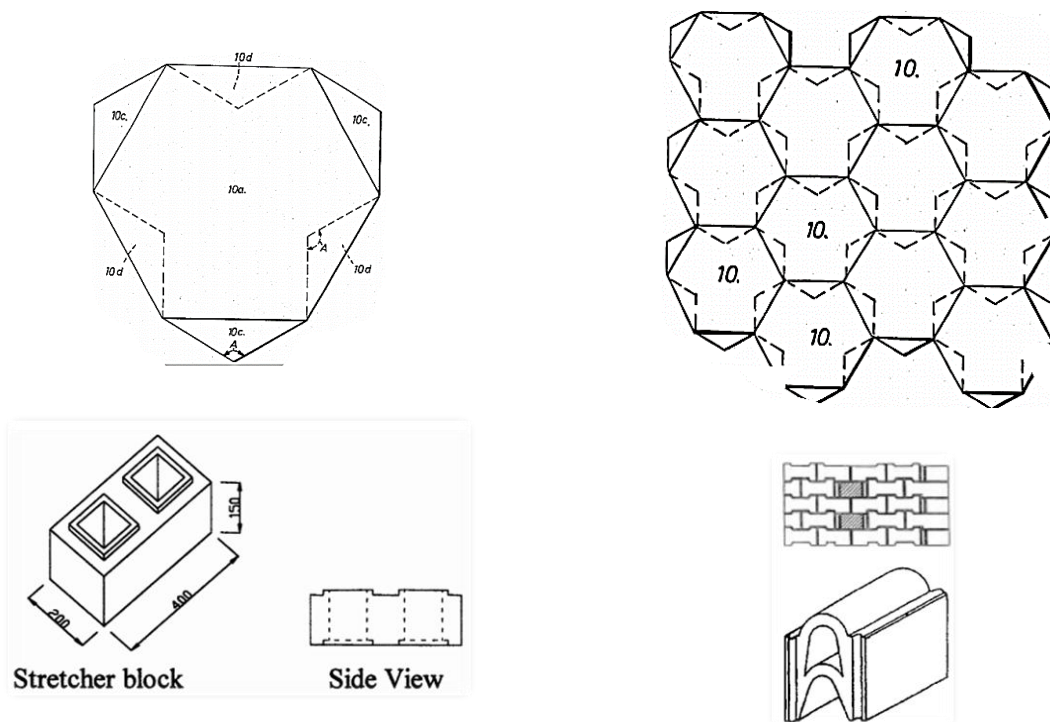


Grafico obteniendo de (Brian & Wesley, 1976) y (Ramamurthy & Kunhanandan Nambiar, 2004)

Se puede observar sobre todo en el Gráfico 2.7-7 en la segunda y tercera fila que hemos olvidado la abstracción de un plano para generar elementos volúmenes o de



OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

tres dimensiones y lo expuesto sobre la división de un medio periódico es válido también para el espacio tridimensional.

2.8 COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA MAMPOSTERÍA

Cuando el muro es parte de un sistema portante (parte de la estructura), es obligatorio diseñar el mismo con respecto a la normativa; este no es el caso de este trabajo de titulación, sin embargo, un trabajo futuro podría abordar este importante tema.

2.8.1 LA MAMPOSTERÍA COMO ELEMENTO ESTRUCTURAL

Las estructuras de mampostería pueden estar sometidas a las siguientes solicitaciones:

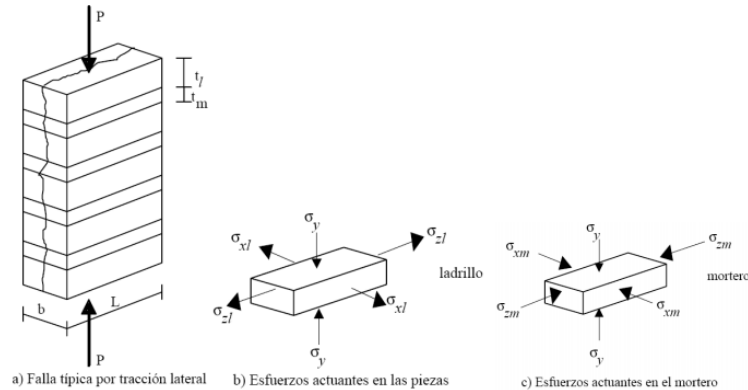
- 1) Carga axial o vertical, debida al peso de la losa, cargas vivas y al peso propio de la mampostería.
- 2) Fuerzas cortantes y momentos flexionantes, debidas a las fuerzas de inercia durante un sismo.
- 3) Empujes normales al plano del muro, causados por viento, agua o tierra, así como las fuerzas de inercia por sismos que actúan en dirección normal al plano del muro.

2.8.2 FALLA ANTE CARGA AXIAL

El comportamiento y los modos de falla de la mampostería ante cargas axiales dependen de la interacción de piezas y mortero; ésta puede entenderse de la siguiente forma: las piezas y el mortero tienen características esfuerzo-deformación diferentes; por tanto, al ser sometidos a un mismo esfuerzo se produce una interacción entre ambos que consiste en que el material menos deformable, generalmente las piezas, limita las deformaciones transversales del material más deformable, introduciendo en el material más deformable esfuerzos de compresión de dirección transversal Gráfico 2.8-1 b). Por lo contrario, en el material menos deformable se introducen esfuerzos transversales de tensión Gráfico 2.8-1 c) que disminuyen su resistencia respecto a la que se obtiene en el ensayo de compresión simple del material aislado. Esta falla depende de la interacción de piezas y mortero: las piezas restringen las deformaciones transversales del mortero induciendo en éste, esfuerzos de compresión en el plano transversal. En las piezas se introducen esfuerzos de tensión que disminuyen su resistencia. Es inusual que se presente este tipo de falla, y puede ser causada por piezas de mala calidad o porque éstas han perdido capacidad de carga por intemperismo.

OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

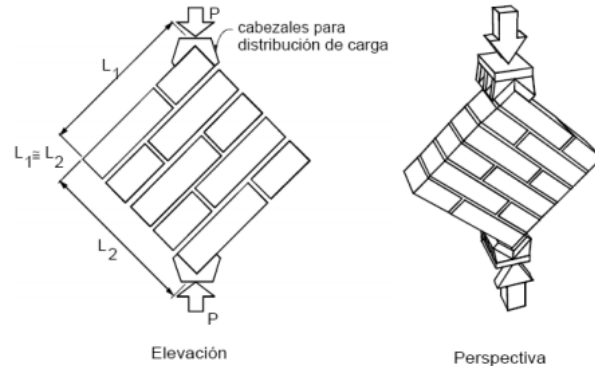
GRÁFICO 2.8-1 FALLA ANTE CARGA AXIAL COMPRESIÓN



2.8.3 FALLA POR FLEXIÓN

Se produce cuando el esfuerzo resistente en tensión alcanza valores del orden de 1 a 2 kg/cm² (para mampostería de ladrillo y bloque). Es cuestión de consideración cuando no existe en la mampostería acero de refuerzo, ya que este toma los esfuerzos de tensión. Se identifica mediante grietas horizontales en los extremos de los muros, que se van haciendo más grandes en la parte inferior.

GRÁFICO 2.8-2 ENSAYO DE COMPRESIÓN DIAGONAL



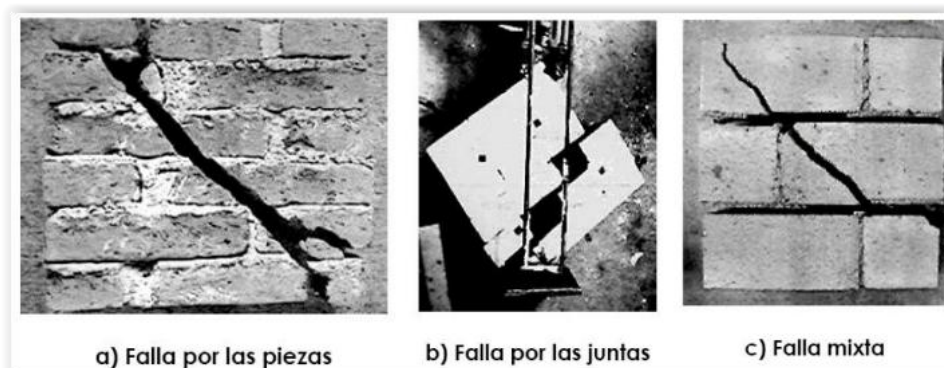
2.8.4 FALLA POR CORTANTE

Existen dos tipos de falla por cortante:

- 1) Falla por tensión diagonal, cuando la grieta es casi recta, rompiendo las piezas.
- 2) Falla por cortante, cuando la grieta es diagonal y corre sólo a través de las juntas de mortero.

OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

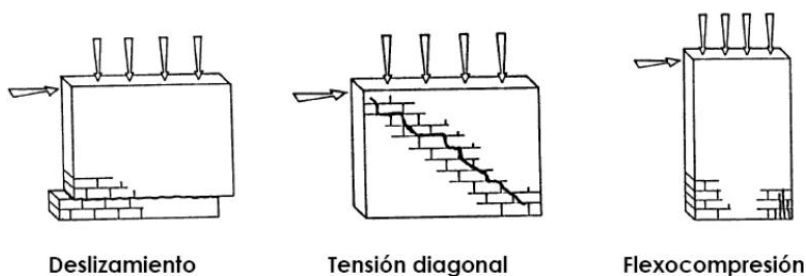
GRÁFICO 2.8-3 FALLAS POR CORTANTE



2.8.5 COMPORTAMIENTO DE LA MAMPOSTERÍA

La mampostería presenta una pérdida de rigidez y resistencia rápida, la falla se presenta por cortante o por tensión diagonal; es una falla de tipo frágil. Si la pérdida de rigidez y resistencia es gradual, la falla se presenta por flexión y es de tipo dúctil. Antes del agrietamiento, el muro se comporta de manera elástica lineal; al momento de agrietarse, su comportamiento depende sólo de la cantidad y disposición del acero de refuerzo. Cuando existe poco refuerzo, el elemento tiene poca capacidad de disipar la energía y se presenta la falla frágil; pero, al tener refuerzo suficiente ósea cuando se trata de mampostería reforzada, el muro es capaz de soportar altos niveles de carga con grandes deformaciones. Los modos de falla más comunes de la mampostería se muestran en el Gráfico 2.8-4. Como se ve en esta figura, además de la falla por flexión el muro puede fallar por tensión diagonal o bien por deslizamiento. En el caso de muros de mampostería reforzada, además de los modos de falla que aquí se presentan, se puede presentar una falla de compresión cuando la cuantía del acero es elevada.

GRÁFICO 2.8-4 POSIBLES MODOS DE FALLA EN UN MURO DE MAMPOSTERÍA



2.8.6 ENSAYO A COMPRESIÓN SIMPLE DE LAS PIEZAS

La norma ecuatoriana INEN-643 (INEN, 2014) rige las resistencias mínimas que deben tener los bloques huecos de hormigón y es de carácter obligatorio. Sin embargo dentro



OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

de esta podemos observar un párrafo que dice “Esta norma no comprende a los paneles o bloques de hormigón espumoso, fabricados con materiales especiales destinados a obtener una densidad muy reducida.” Lo que deja a este trabajo fuera de la aplicabilidad de la misma, sin embargo es usada para tener una idea comparativa con las propiedades de los bloques de hormigón tradicionales.

GRÁFICO 2.8-5 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN, EN BLOQUE NO PORTANTES

Descripción	Resistencia a la compresión (MPa)*
Promedio de 3 bloques	4,00
Bloque individual	3,50
* 1 MPa = 10,2 Kg/cm ²	

Obtenido de (INEN, 2014)

2.9 PROCESO CONSTRUCTIVO

El proceso constructivo de la mampostería es el usado tradicionalmente; a continuación se resume brevemente, si es necesario mayor detalle de este se puede acudir a (“Lección 17 Mampostería Confinada,” 2015)

- Se prepara el mortero.
- Se colocan piezas de mampostería a los extremos nivelándolas (maestras).
- Se coloca una piola entre estas piezas (maestras) que servirá como guía.
- Se coloca una cama de mortero.
- Sobre esta cama de mortero se coloca la pieza de mampostería.

2.10 INVESTIGACIONES ACERCA DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA MAMPOSTERÍA

Los primeros esfuerzos reportados por los investigadores en diferentes países hacia la mejora de la productividad de la mampostería convencional fue resumida por Mortlock y Whitehead (Mortlock & Whitehead, 1970) y Grimm (Grimm, 1974). Los temas tratados en estas investigaciones son:

- El estudio de uso de unidades de mampostería más grandes.
- Aumento de la distancia entre aberturas (puertas y ventanas) y esquinas o ambos.
- La adopción de la coordinación modular.
- Uso de paredes unidas por su superficie (junta seca).
- Protección contra la intemperie.
- Uso de andamios ajustables.



OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

- 7) Mejoras dentro de la organización del trabajo.
- 8) Programas de capacitación.
- 9) Uso de trabas mecánicas.

No se observó ninguna diferencia estadísticamente significativa en la productividad media con respecto al ladrillo seco o húmedo y la absorción de agua de la cama de mortero, reportado en los estudios de (Grimm & Fowler, 1985).

Sanders y Thomas (Sanders & Thomas, 1991) identificaron los factores relacionados con el proyecto, como el tipo de trabajo, la construcción de elementos, métodos de construcción, los requisitos de diseño, y clima; que afectan significativamente la productividad de mampostería.

El análisis de datos de 13 proyectos hecho por Thomas, Et. Al. (Thomas, Sanders, & Bilal, 1992), mostraron poca diferencia en la productividad a pesar de diferencias significativas en las prácticas laborales y de la construcción como: Paredes Wythe simple o doble, enfoque de andamios ajustables, tamaño del personal y requisitos arquitectónicos de diseño.

Un intento de mejorar la productividad a través de los equipos o personal de mampostería usando un programa de incentivos económicos ha sido reportado por Dhanasekar (Dhanasekar, 1993).

Un aumento en la tasa de construcción de albañilería con mortero convencional se logró mediante la adopción de bloques macizos y huecos, sin embargo, la cama de mortero todavía impone limitaciones en el número de hiladas construidas por día.

Los intentos recientes para aumentar la productividad a través de mampostería fueron sin el uso de mortero y con el uso de una cama de mortero más pequeña que la convencional para bloques tradicional y bloques entrelazados (K. B. Anand & Ramamurthy, 2003).

Una reducción del 65% de las necesidades de mano de obra se reportó para el bloque TSZ en comparación con el ladrillo (Adamus & Spevak, 1986). Se estimó que el uso de bloques Haener reduciría el tiempo de finalización un 60% sobre la de mampostería convencional (Hines, 1993).

Con el sistema Sparlock (que es más pequeño en tamaño que los bloques convencionales), cada trabajador apiladas a una tasa equivalente al tamaño de cerca de 40 bloques convencionales por hora o 3.2 m²/h (Vanderwerf, 1999).



OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

Varios bloques que presentan elementos de macho hembrado o ranuras u otro tipo de elementos de traba, como los bloques TSZ, permiten además de su función principal de trabar, alinear las piezas y nivelarlas gradualmente lo que reduce el tiempo de colocación. Sin embargo, si estos elementos son muy intrincados puede resultar más bien difícil la colocación (Ramamurthy & Kunhanandan Nambiar, 2004)

Un aspecto beneficioso que presenta la mampostería seca es la fácil reutilización sin mayor desperdicio si lo que se requiere es desarmar un muro y armarlo en otro lugar.

Se reporta en (Murray, 2007) que la cantidad de perforaciones verticales rellenas con hormigón repercute directamente en la resistencia del muro. Se concluye también que al utilizar una cama de mortero en las juntas de construcción más delgada las resistencias últimas de los muros son muy aproximadas a las resistencias ensayadas para juntas de construcción tradicionales.

Se ha indicado que una forma de aumentar la productividad es usar una unidad de construcción más grande que el tradicional de ladrillo. La unidad óptima aún tiene que ser determinada, pero el peso, tamaño y facilidad de manipulación, junto con el costo, son todos factores que deben consideración (Mortlock & Whitehead, 1970). Reporta también que se obtienen productividades equivalentes con equipos de dos o tres colocadores. Investiga el uso de nuevas herramientas como bailejos que cargan mayor cantidad de mortero y permiten una colocación fácil del mismo. Se considera que una de las mejores maneras en que se puede incrementar la productividad de la mampostería es asegurándose de que el albañil trabaje un mayor porcentaje del tiempo disponible del que se ha demostrado que funciona en la mayor parte de construcciones. Para que esto suceda deben existir: condiciones adecuadas (no generar tiempos muertos, tener herramientas, etc.), incentivos y supervisión. El uso de andamios que presenten ventajas como: ser livianos, tener dos o tres pisos y moverlos con facilidad con ruedas; aumenta también la productividad en la colocación de las piezas.

(Vanderwerf, 1999) dice: “Cada sistema tiene actualmente una cuota de mercado modesta pero sostenible. Sus inventores están trabajando agresivamente para expandir el uso y agregar nuevas versiones que tendrán sus productos en nuevos mercados.”

En cuanto al comportamiento estructural de los bloques entrelazados se concluye en (K B Anand & Ramamurthy, 2005) que:

- Bloques con y sin relleno de perforaciones verticales de mampostería HILBLOCK exhibieron factores eficientes superiores a compresión concéntrica en comparación con la albañilería convencional.



OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

- La capacidad relativamente mayor de mampostería HILBLOCK bajo compresión excéntrica se atribuye a la flexión y resistencia a la fricción entre las trabas de enclavamiento antes de la falla, mientras que el fracaso en la albañilería convencional se rige por el fallo de la junta en la interfaz de mortero de bloque en la cara tensión.
- A diferencia de mampostería convencional, la mampostería HILBLOCK tiene mayor resistencia a flexión para cargas horizontales que para cargas verticales debido a que su colocación se realiza utilizando un aparejo de petaca.
- Las tensiones admisibles de mampostería HILBLOCK sin rellenar las perforaciones para cargas horizontales es de alrededor de 140% más alta que para la albañilería convencional, mientras que para la carga vertical es comparable con el requisito de código para la albañilería convencional.

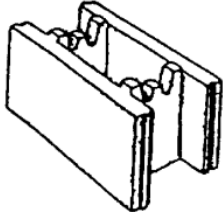
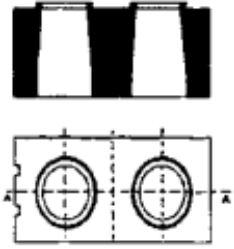
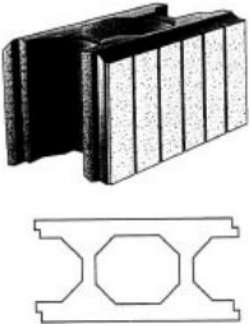
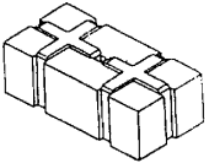
Así también existen otros estudios realizados en nuestra región de macro-bloques de hormigón trabados (Domínguez, 2008), y el estudio de productividad en macro-bloques de pómez (Crespo Muñoz, 2015).

A partir de esta revisión, es evidente que si bien se han hecho estudios sobre mampostería y su productividad, nuestra región cuenta aún con pocas soluciones de este tipo y esta investigación procura ser parte de esta solución.

A continuación se presenta varios sistemas de mampostería usados alrededor del mundo, la información de estos sistemas fue obtenida en (Ramamurthy & Kunhanandan Nambiar, 2004), (Domínguez, 2008) y (Crespo Muñoz, 2015).

OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

TABLA 2.10-1 DIFERENTES SISTEMAS DE MAMPOSTERÍA USADOS EN EL MUNDO

Haener system, USA and Canada Hollow block, concrete		Cuatro puntas sobresalen por encima de dos tabiques para proporcionar traba y control de posicionamiento del bloque situado encima, que tiene cuatro depresiones en la parte inferior en las mismas ubicaciones de los tabiques para recibir las puntas que sobresalen. Las paredes de la pieza en la junta vertical tienen una junta de ranura y lengüeta a manera de macho hembrado.
TSZ block, Czechoslovakia Hollow block: light weight no-fines concrete		Colocado sin ningún tipo de mortero. Los elementos de traba son dos anillos en la superficie superior de los bloques alrededor de dos núcleos huecos.
Azar block, Canada Hollow block: concrete		La traba es proporcionada por tres mecanismos: <ul style="list-style-type: none"> • Los huecos de las piezas colocadas en hileras hacia arriba se alinean. • Cuenta con dos niveles de superficie de apoyo a lo largo de cada pared de la pieza en la parte superior e inferior que encajan a lo largo de la junta. • El bloque adyacente traba a lo largo de la junta por la geometría <i>shiplap</i>.
Soil-cement block, Thailand Hollow block, Soil-cement		Bloque de barro cemento que se basa en la colocación de un mortero fluido en las ranuras que tiene en su núcleo evitando las juntas constructivas.

OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

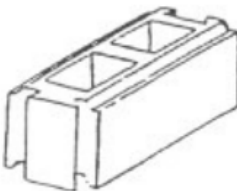
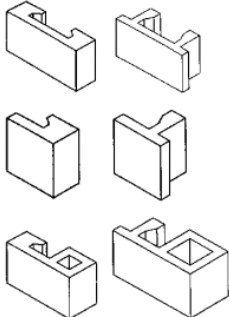
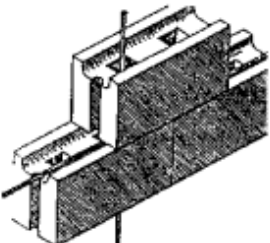
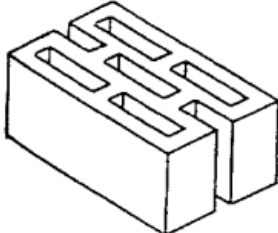
Whelan block Hollow block, concrete		<p>Pieza con traba (en lugar de la junta vertical) en forma de cola de milano, y un sistema macho hembrado en la superficie superior e inferior de la pieza.</p> <p>Perforaciones verticales que convierten al sistema en mampostería reforzada.</p>
---	---	--

TABLA 2.10-2 CONTINUACIÓN

SILBLOCK / H LBLOCK, India Solid /hollow block, concrete		<p>Piezas entrelazadas de forma simple solo por su forma sin socavamientos.</p> <p>Trabado tanto horizontal como verticalmente.</p> <p>Tiene piezas tipo terminales, camillas y cajas para fundir columnas.</p> <p>Piezas de tamaño completo y mitad.</p>
Mecano system, Peru Hollow block		<p>Las piezas son colocadas en seco, luego reforzadas con acero y hormigón fluido (grout). Las piezas básicas son de 150 mm de alto, 300 mm de largo y 120-150 mm de espesor. Pueden ser reforzadas tanto vertical como horizontalmente.</p>
Sparfill system, Canada Hollow block, lightweight polystyrene aggregate concrete		<p>Piezas de colocado en seco pegadas por su superficie, tienen una matriz de fibra de vidrio en el cemento portland.</p>

OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

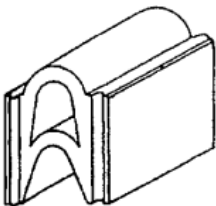
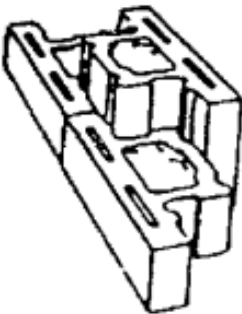
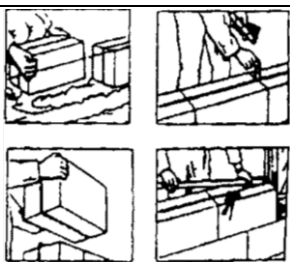
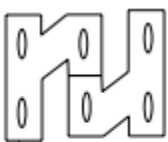
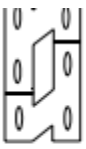
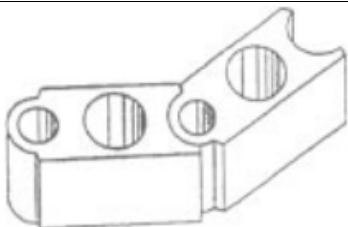


Domed block, Canada Hollow space for double- domed unit, concrete		Estas piezas pueden ser colocadas en seco o con junta de mortero.
Sparlock system, Canada Hollow block, concrete		<p>Tiene la más intrincada forma entre los bloques entrelazados, con enclavamiento tanto en la dirección vertical como horizontal. Consta de piezas tipo completo y mitad de un bloque para unidades terminales.</p> <p>Puede ser de junta seca o con mortero. Se puede reforzar con acero colocado solamente verticalmente.</p>

TABLA 2.10-3 CONTINUACIÓN

Tasta system, Netherlands Block with horizontal grooves, lightweight cellular concrete		<p>Acoples sintéticos metidos a presión tanto horizontales como verticales que sirven para trabar la pieza.</p> <p>La superficie del bloque está cubierta con lana de vidrio y yeso.</p>
Bloque Socobriz Reino Unido	  Posición 1 Posición 2	<p>Bloque de acción transversal, un brazo de Z es de longitud mitad que el otro, con objeto de facilitar el acoplamiento ente piezas y la obtención de dos espesores de muro con la misma pieza. Hormigón ligero. Junta con mortero.</p> <p>Su fabricación es dificultosa, sin embargo es de rápida colocación.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Longitud: 19 cm. • Espesor: 19 cm.

OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

Structural block system, Hollow block		Las piezas tienen un núcleo circular el cual se entrelaza con la pieza adyacente para formar muros curvos.
Macro-bloque de pómez (Crespo Muñoz, 2015) Ecuador		Macro-bloques de pómez, trabados por su forma entre ellos, formado por la unión de tres bloques de pómez tradicionales en su núcleo y revestida con hormigón. Junta de mortero.
Macro-bloques de hormigón trabados (Domínguez, 2008) Ecuador		Panel prefabricado de hormigón, en forma de L, que traba con diferentes niveles en su superficie. Junta seca. Se traba a su vez con perfiles C de acero puestos en el contorno.



OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

CAPÍTULO III

MÉTODO

Este capítulo presenta el diseño y desarrollo del sistema constructivo, la fabricación de las piezas de mampostería, ensayos de resistencia de las piezas a compresión simple y ensayos de la productividad en la colocación.

3.1 PROYECTO DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO

3.1.1 MODULACIÓN DE LA PIEZA DE MAMPOSTERÍA

Utilizando los conceptos expuestos en las secciones 2.6 y 2.7, se divide el espacio y modula las piezas de mampostería.

Las dimensiones de una pieza de mampostería dependen principalmente del espacio que se requiere cubrir y este a su vez es resultado de la modulación de ambientes de un edificio. En vista de que la construcción de edificios no está estandarizada estrictamente, para determinar esta dimensión se usa los siguientes criterios:

- a) Tamaño de la pieza de mampostería: Se quiere que el elemento sea lo más grande posible para cubrir el mayor espacio con una sola pieza y así reducir el área ocupada por juntas y como resultado de esto reducir el tiempo del proceso de colocación.
- b) Peso de la pieza de mampostería: Se proyecta en este trabajo la mampostería, como un sistema prefabricado ligero.
- c) Manipulación de la pieza de mampostería: Se quiere que una pieza pueda ser cargada por una sola persona y colocada por dos. Además de que el esfuerzo físico en esta manipulación de las piezas por parte del equipo de trabajo no sea excesivo.
- d) Versatilidad de la pieza de mampostería: Piezas dimensionadas modularmente permitirán versatilidad de construcción de diferentes dimensiones de muros.

3.1.1.1 GRUESO DE LA PIEZA DE MAMPOSTERÍA

El grueso se proyectó, rigiéndose a la Norma NEC ((Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI)) NEC, 2011), la cual establece para el caso de mampostería no reforzada, un grueso igual a:

$$\text{Grueso} = 120 \text{ mm.}$$

OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

3.1.1.2 TIZÓN DE LA PIEZA DE MAMPOSTERÍA

Altura aproximada piso techo de una casa (común):

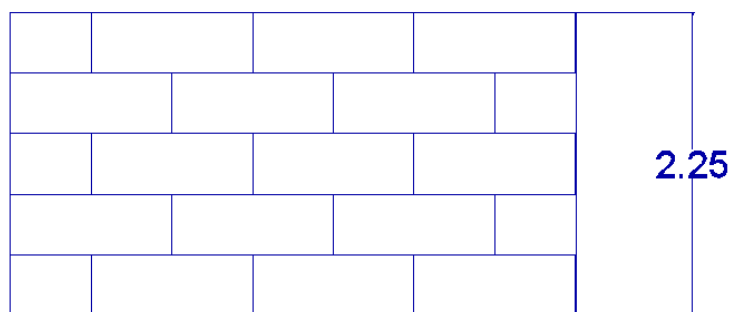
$$h \approx 2.30 \text{ m}$$

Se dividió esta dimensión para un número entero que convenga

$$h/5 = 0.46 \text{ m} \approx 45 \text{ mm} = \text{Tizón}$$

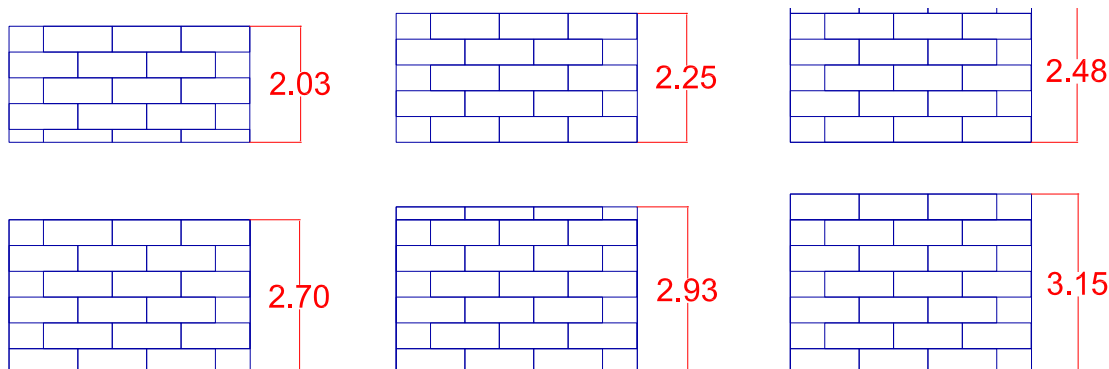
Se proyectó 5 hileras con esas dimensiones:

GRÁFICO 3.1-1 ALZADA DEL MURO PROPUESTO



Para otras dimensiones de muros se podría aumentar más hileras de bloque o incluso, si es necesario, se puede cortar una hilera de bloques a la mitad y generar más variedad de dimensiones:

GRÁFICO 3.1-2 MODULACIÓN DE DIFERENTES ALTURAS DE MUROS



3.1.1.3 SOGA DE LA PIEZA DE MAMPOSTERÍA



OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

Con respecto a estandarizar dimensiones en edificios, valores como 0.90 m o 1.20 m son frecuente en puertas y ventanas. Además tomando en cuenta las consideraciones a), b), c) y d) de la sección 3.1.1, y sabiendo también que como se expone en la sección 3.1.4 (los bloques serán alivianados) se planteó, una sogá igual a 1.2 m o 1200 mm y así se verificó si el peso de los elementos a construirse cumple con estas consideraciones:

$$\text{Peso específico del hormigón usado} = \rho_h \approx 1240 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Volumen de la pieza de mampostería} = 0.0335 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso de la pieza de mampostería} = 41.54 \text{ kg} \approx 92 \text{ Lb.}$$

Este es un peso que se puede manipular entre dos personas; lo que verifica que la dimensión de la sogá cumple con los requerimientos.

$$\text{Soga} = 1.2 \text{ m} = 1200 \text{ mm}$$

3.1.1.4 TOLERANCIAS EN LAS DIMENSIONES DE LA PIEZAS:

Variaciones de dimensiones en las piezas de mampostería alteran:

- Dimensiones del muro.
- Dimensiones del mortero de pega.
- Apariencia final del muro.
- Alineamiento de juntas.
- Acabados.
- Otros.

Estas alteraciones pueden afectar las características estructurales del muro así como procesos constructivos y aspectos estéticos, por lo que se quiere evitar.

Entonces se asume dentro de este proyecto ciertas tolerancias y dimensiones presentadas en ((Norma Colombiana NTC 4076), 1997); esta norma establece que, bloques de mampostería no estructural, deben tener unos espesores de pared (ep) y de tabique (et) de, al menos, 20 mm.

Las tolerancias de las medidas deben estar en un rango no mayor a 2 mm., para la longitud y 1% para el espesor y altura.

3.1.2 DISEÑO DE LA JUNTA

En cuanto a la junta, este proyecto procuró que sea casi nula, acercándonos al concepto de mampostería seca, motivado en que generar una junta lo más pequeña posible ahorrará tiempo en el proceso constructivo.

OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

Luego de este análisis, se proyecta una junta de aglutinante de aproximadamente 5 mm., lo que permitió unir las piezas y corregir imperfecciones de las piezas de mampostería.

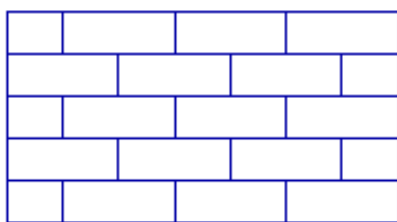
El material aglutinante que se utilizó es una junta de mortero con una dosificación 1:3

3.1.3 DISEÑO DE LA FORMA DE LA PIEZA

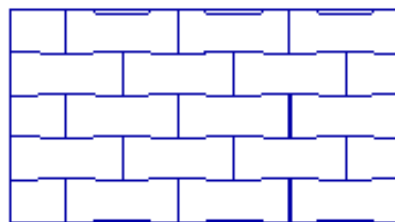
Para el caso se usó los conceptos de división del espacio expuestos en la sección 2.7 y se procedió de la siguiente manera:

- Se generó un tejido entre las piezas colocando no una pieza sobre otra si no traslapándolas (aparejo de fábrica). Lo que genera una traba vertical.
- Para producir una traba horizontal la forma fue modificada ensanchándose en sus extremos, de manera que cuando se coloque formando el aparejo de fábrica se genere un perfecto acoplamiento con las otras piezas ver Gráfico 3.1-3 b). Esto genera una traba que impide desplazamientos en el plano mismo del muro.
- Por último se diseñó una traba macho-hembra, para mejorar la unión de la junta vertical. Esta traba también impide desplazamientos producidos por cargas fuera del plano.

GRÁFICO 3.1-3 TRABA UTILIZADA EN EL SISTEMA MMBH



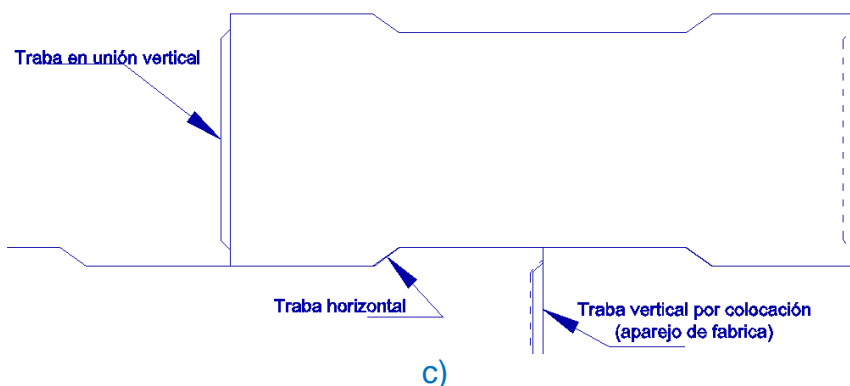
a)



b)

OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

GRÁFICO 3.1-4 FORMA DEL ELEMENTO



3.1.4 ALIVIANAMIENTO DE LOS ELEMENTOS

En este proyecto se usó dos formas para alivianar las piezas y consecuencia los muros que se armaran, detalladas a continuación:

- Hormigón celular liviano. La forma como se produce este material no se aborda en este estudio, puesto que es un desarrollo de la empresa donde se construyeron las piezas.
- Perforaciones verticales. Quedan perfectamente alineadas cuando se traban las piezas. Estas perforaciones reducen el volumen de material de la pieza.

Si el bloque no contara con huecos como se puede observar en el Gráfico 3.1-5, y además el hormigón no sería de tipo celular, el peso de cada elemento sería:

$$\text{Peso específico del hormigón tradicional} = \rho_h = 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Volumen de la pieza de mampostería} = 0.0637 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso de la pieza de mampostería} = 152.88 \text{ kg} \approx 337 \text{ Lb}$$

Esto quiere decir que el peso real de la pieza es solamente el 28% del elemento solido de hormigón tradicional.

Como resultado de todo el análisis expuesto en este capítulo se presenta en el siguiente grafico los planos de la pieza de mampostería que se propuso en este trabajo de investigación.

OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

GRÁFICO 3.1-5 DIFERENTES VISTAS DEL ELEMENTO DISEÑADO

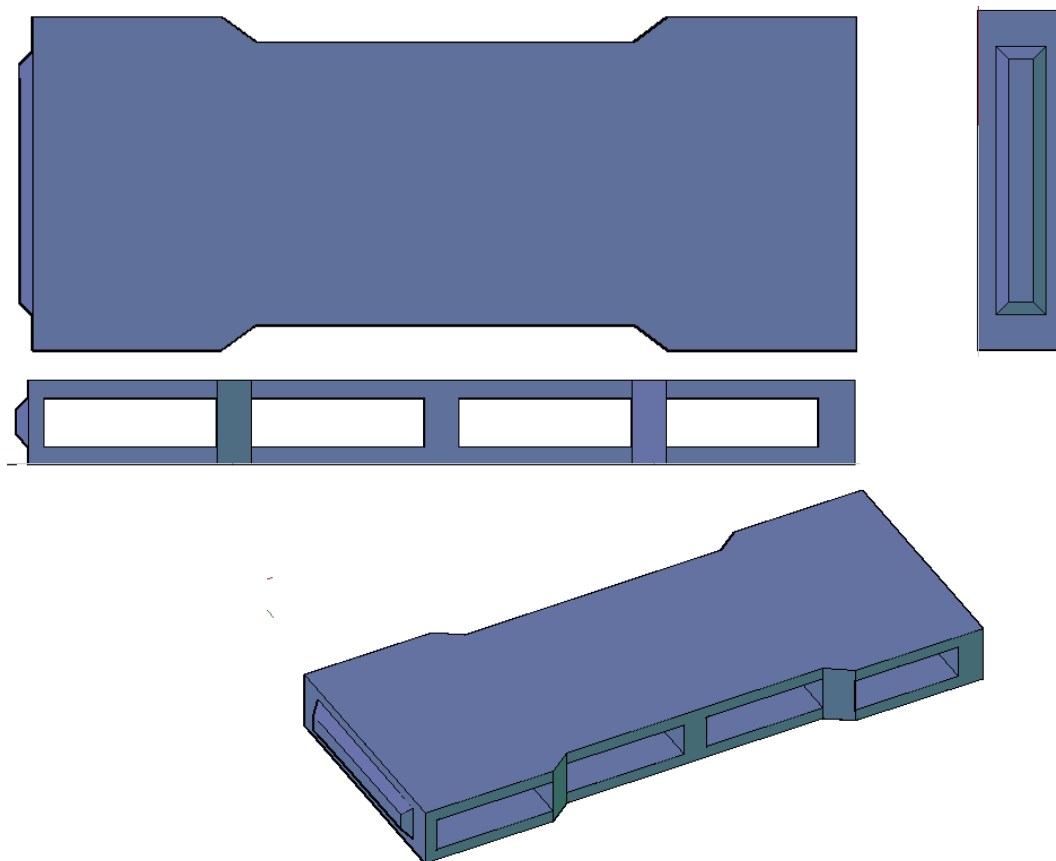
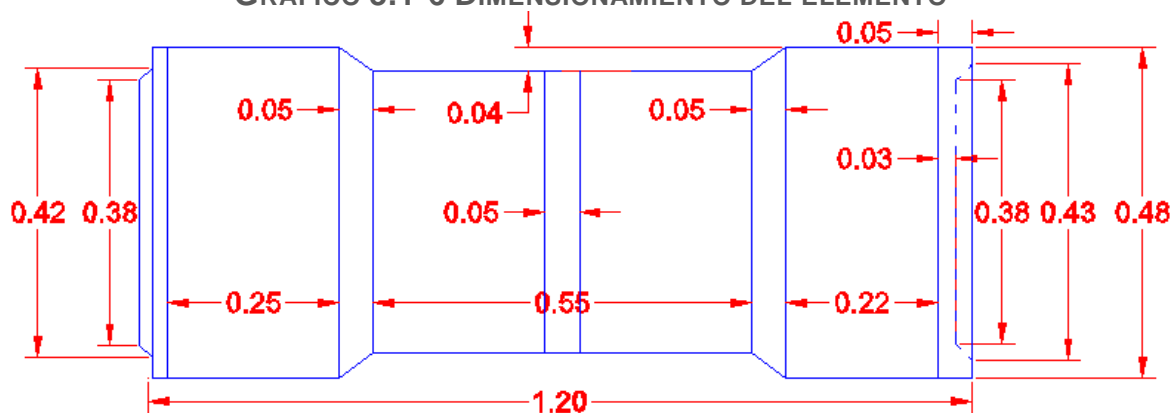


GRÁFICO 3.1-6 DIMENSIONAMIENTO DEL ELEMENTO



OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

3.1.5 ELEMENTOS BASE Y ELEMENTOS ADICIONALES

3.1.5.1 REFORZAMIENTO DE LOS MUROS MAMPUESTOS

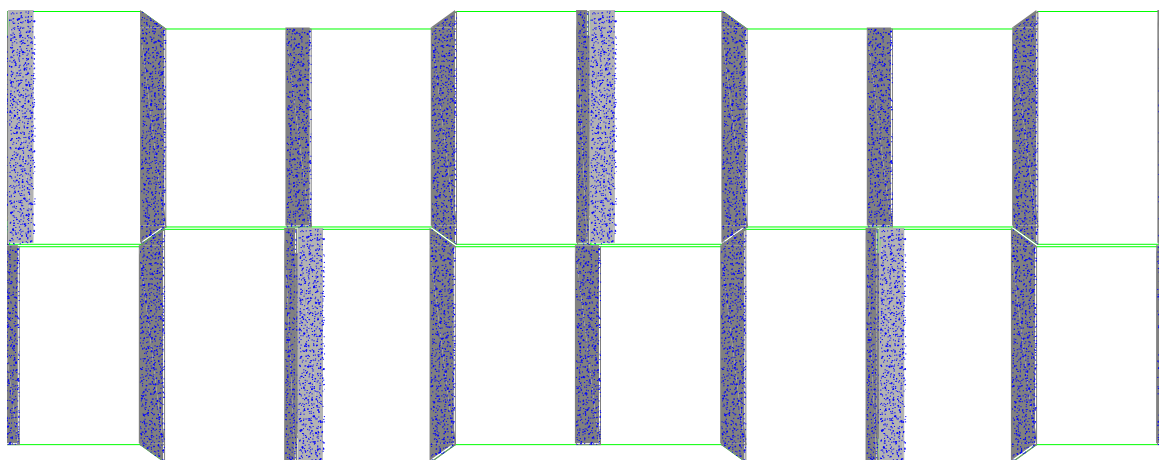
Los canales formados por las aberturas verticales creadas con el principal motivo de alivianar quedan alineados; lo que permite rellenarlos con hormigón reforzado si se considera necesario, brindando al muro cierto grado de rigidez extra.

Estas columnetas irían amarradas al sistema aporricado y proporcionarían beneficios al sistema como el posible remplazo de la construcción de una columna propiamente.

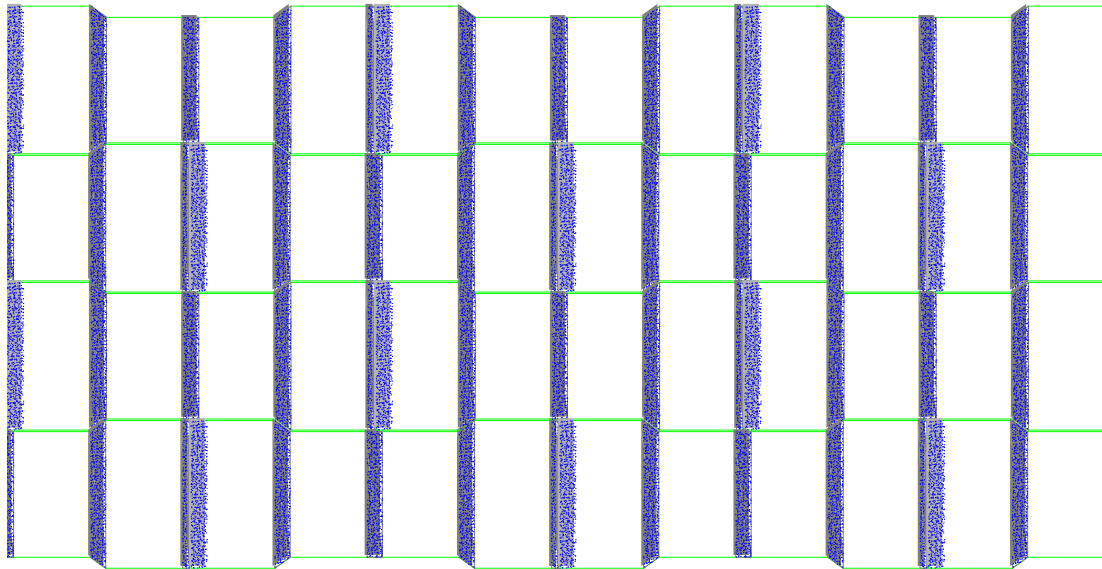
Se recomendaría usar esta técnica luego de hecho un análisis previo en los siguientes casos:

- Paredes de gran longitud (columnas distanciadas más allá de aproximadamente 5 m).
- Aberturas para puertas o ventanas.
- Esquinas.

GRÁFICO 3.1-7 ENCAJE Y ACOPLAMIENTO DE LAS PIEZAS DE MAMPOSTERÍA



OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR



El funcionamiento de las columnetas se aproxima al de una columna normal; sin embargo, estas están confinadas por los tabiques de la mampostería, lo que un diseño de la misma sin tomar en cuenta este confinamiento sería poco real.

En la viga de apoyo, cimiento o losa donde se apoya el muro, se anclará una varilla como se muestra en el Gráfico 3.1-9. La configuración de las varillas, longitud de desarrollo y empalmes para anclajes se presentan en el Gráfico 3.1-10. Presentado posteriormente.

A continuación se presenta el cálculo de longitudes de desarrollo, para anclajes y empalmes con respecto a una varilla de 8 mm y un hormigón de 200 kg/cm² que son los usados para este sistema.

De las ecuaciones de ACI-318:

$$L_d = \frac{f_y}{3.5 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c}} \frac{\psi_t \cdot \psi_e \cdot \psi_s}{\frac{C_b + K_{tr}}{d_b}} d_b$$

ECUACIÓN 3.1-1 LONGITUDE DE DESARROLLO

Donde:

L_d = Longitud de desarrollo.

f_y = Esfuerzo de fluencia del acero.

ψ_t = 1.3 para mas de 30 cm de concreto fresco abajo, 1 para otros casos.

ψ_e = 1 varillas con recubrimiento epoxico, 1.3 varillas sin recubrimiento epoxico.

ψ_s = 0.8 para varillas de 19 mm y menores, 1 para varillas de 22 mm y mayores.



OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

- λ = 1 concreto normal, 0.75 concreto liviano.
 $C_b = A_{sc} = \min \begin{cases} \text{Dist. desde el centro del ref. a la sup. mas cercana del concreto} \\ \text{Mitad de la separación centro a centro de las varillas.} \end{cases}$
 d_b = Diametro de la varilla.
 $K_{tr} = \frac{40 + A_{tr}}{s \cdot n}$
 s = espaciamiento del refuerzo transversal en la longitud L_d
 n = # de varillas que se desarrollan en el plano.
 A_{tr} = Area total del refuerzo transversal dentro del espaciamiento s que cruza el potencial plano de falla.

$$\frac{C_b + K_{tr}}{d_b} \leq 2.5$$

Conservativamente se puede tomar $K_{tr} = 0$, $d_b = 0.8$ y $C_b \geq 2$, de este análisis se deduce que la ecuación 5.1.5.1-2 es igual a 2.5.

$$\therefore L_d = \frac{4200}{3.5 \cdot 1 \cdot \sqrt{200}} \frac{1 \cdot 1 \cdot 0.8}{2.5} \cdot 0.8 = 27.15 d_b = 21.72 \approx 22 \text{ cm}$$

La longitud de desarrollo de un gancho viene dada por:

$$L_{dh} = \frac{0.075 \cdot \psi_e \cdot f_y}{\lambda \cdot \sqrt{f'_c}} d_b \geq 8 d_b \text{ o } 150 \text{ mm}$$

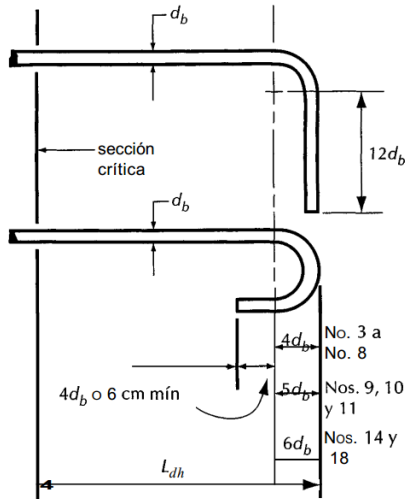
ECUACIÓN 3.1-2 LONGITUD DE DESARROLLO PARA GANCHOS

$$L_{dh} = \frac{0.075 \cdot 1 \cdot 4200}{1 \cdot \sqrt{200}} 0.8 = 22.27 \cdot d_b = 17.81 \approx 18 \text{ cm}$$

$$12 d_b = 9.6 \text{ cm} \approx 10 \text{ cm}$$

OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

GRÁFICO 3.1-8 DETALLE DE GANCHOS ESTÁNDAR



Obtenido de (ACI [American Concrete Institute], 2014)

$$\text{Longitud de traslape a compresión} = \max \begin{cases} 300 \text{ mm} \\ 0,0073 f_y \cdot d_b \\ (0,013 f_y - 24) d_b \end{cases}$$

ECUACIÓN 3.1-3 LONGITUD DE TRASLAPE A COMPRESIÓN

$$\text{Longitud de traslape a compresión} = \max \begin{cases} 30 \text{ cm} \\ 24.53 \approx 25 \text{ cm} \\ (0,013 f_y - 24) d_b = 24.48 \approx 25 \text{ cm} \end{cases}$$

$\therefore \text{Longitud de traslape a compresión} = 30 \text{ cm}$

OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

GRÁFICO 3.1-9 DETALLE DEL DISEÑO DE FUNDICIÓN DE COLUMNETAS

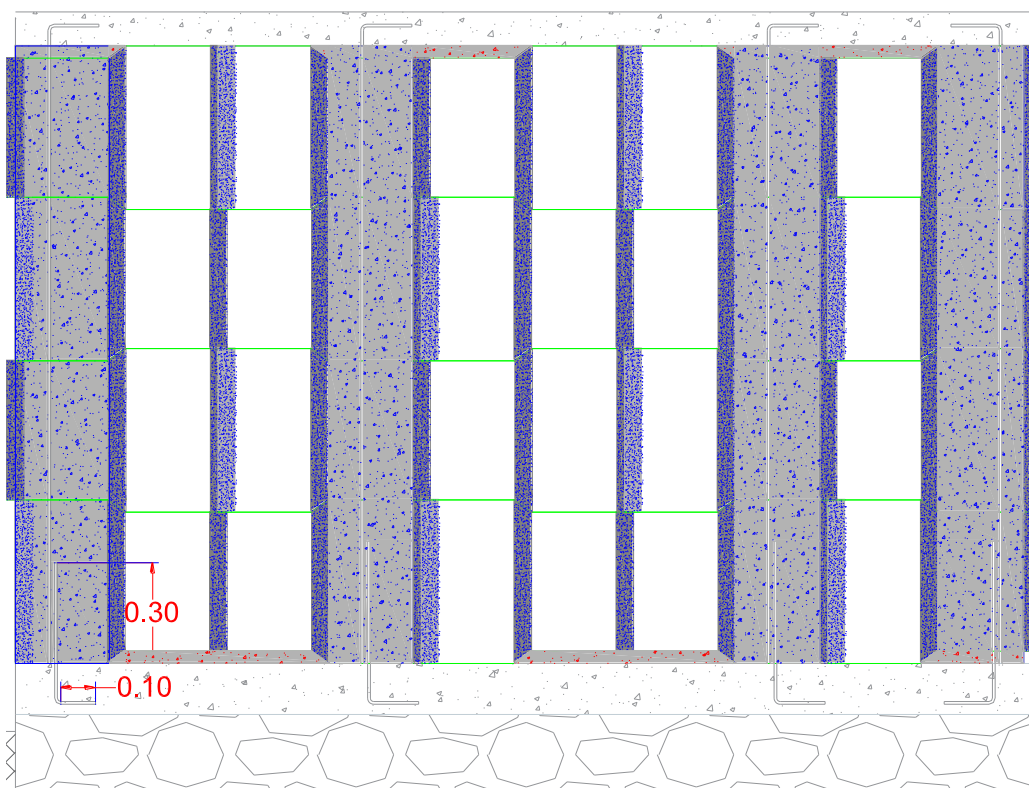
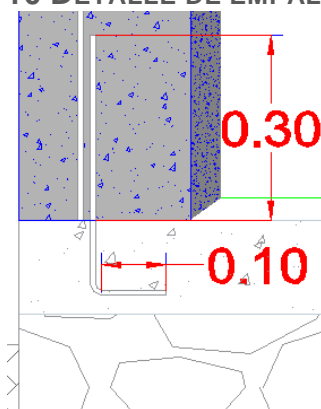


GRÁFICO 3.1-10 DETALLE DE EMPALME Y ANCLAJE



3.1.5.2 INSTALACIONES INTERIORES

Por la disposición de las perforaciones de las piezas que se muestra en la sección 3.1.5.1, se puede colocar tuberías y ductos, con evidentes beneficios estéticos y funcionales. Todo tipo de instalaciones entre las que comúnmente se encuentran: redes de conducción de agua, tuberías de gas, eléctricas y de telecomunicaciones.

OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

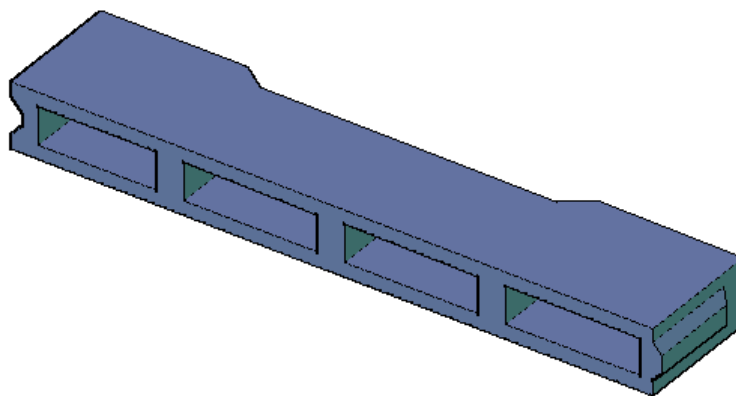
Por esto, es necesario especial planeación, consiguiendo el máximo beneficio de las características del sistema y así evitar problemas por improvisaciones. Entonces los planos arquitectónicos deben especificar en qué perforaciones van colocadas estas instalaciones y la altura a la que quedarán las cajas y orificios de salida de las mismas. Implica que, desde el diseño, se debe determinar la cantidad, ubicación y posición de interruptores, tomas, cajas y otros. Así, al conocer de antemano las piezas donde van a estar localizados; se puedan cortar aberturas antes de colocar formando el muro.

3.1.5.3 ELEMENTOS MÁS PEQUEÑOS O SUBELEMENTOS

La construcción está en función del proyecto. Entonces, tomando en cuenta algunos conceptos bien desarrollados en “Conceptualización modular aplicada a la vivienda” (Abad Escandón & Mera, 1982) y también en la sección 2.6 donde se expone la importancia de la modulación, podemos decir que, a más de ser necesario proyectar espacios que guarden relación con las necesidades en una edificación, es importante estandarizar estos espacios y respetarlos dentro de los diferentes proyectos construyendo de una forma bien estudiada.

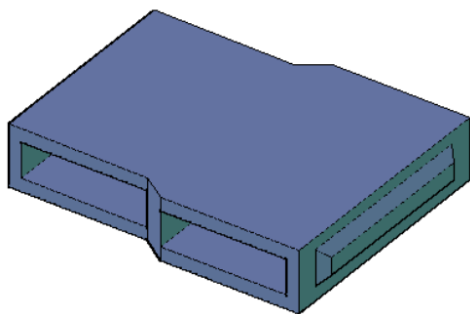
Sabiendo que no siempre las dimensiones se ajustarán a un múltiplo de las piezas de mampostería, se toma como alternativa (ya probada en fábrica) para obtener diferentes dimensiones la posibilidad de cortar los elementos. Otra solución que presentan otros sistemas de mampostería es la fabricación de piezas más pequeñas con diferentes moldes. Sin embargo por la facilidad que presenta el material usado a ser cortado y la versatilidad de realizar diferentes cortes se determinó que cortar las piezas resulta más beneficioso; luego de hecho un corte en muchos de los casos la parte que no se utiliza ese momento puede usarse luego, lo que no genera desperdicios excesivos. Los elementos podrán ser cortados a cualquier dimensión que se requiera, analizando antes que este corte no afecte considerablemente a la resistencia de la pieza. Se recomienda hacer cortes con las siguientes dimensiones.

GRÁFICO 3.1-11 MITAD DE UNA PIEZA CON CORTE HORIZONTAL

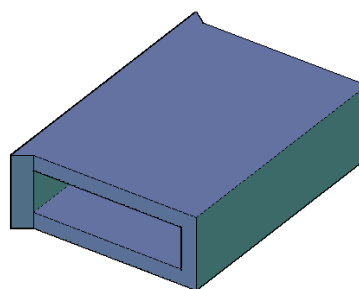


OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

**GRÁFICO 3.1-13 MITAD DE UNA PIEZA
CON CORTE VERTICAL**



**GRÁFICO 3.1-12 CUARTO DE UNA
PIEZA CON CORTE VERTICAL**



Sin embargo, como se expone en el “Manual de construcción de mampostería en concreto” (Herrea & Guillermo, 2010) el uso de elementos cortados genera valores superiores en cuanto a trabajo y economía de una obra. Se demuestra este precepto en esta subsección, donde se presenta un ejercicio que muestra las complicaciones que surgen al utilizar subelementos o elementos cortados.

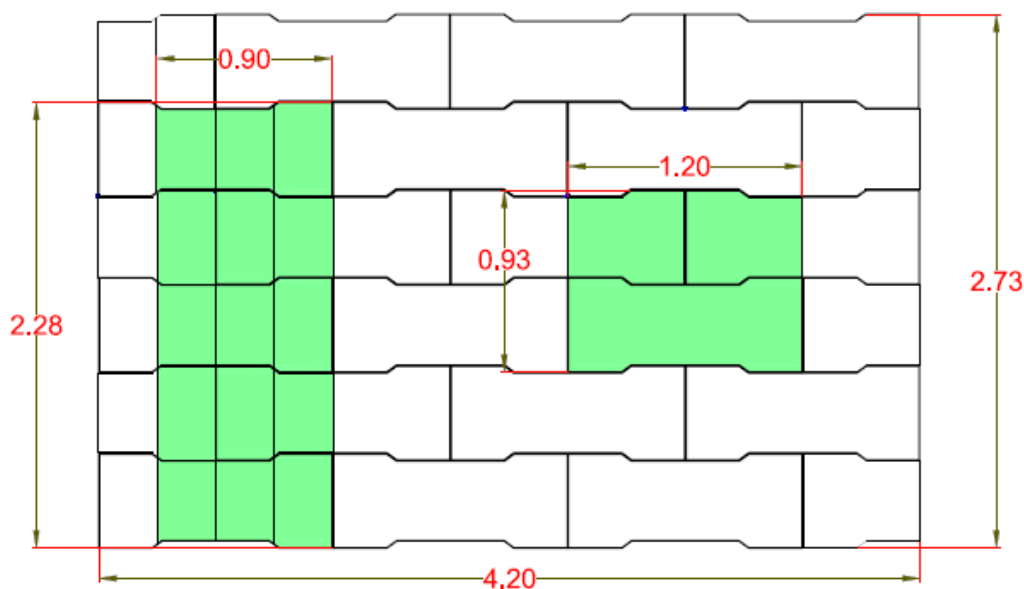
Para aprovechar al máximo esta modulación, es necesario que los planos arquitectónicos se ajusten a estas unidades; no es suficiente que las dimensiones sean las correctas sino que se puedan estudiar los diseños para optimizar el uso de unidades diferentes a la unidad módulo. Para esto se ilustran los siguientes casos:

Modulación perfecta (caso 1):

Coordinación modular óptima para las dimensiones del muro.

OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

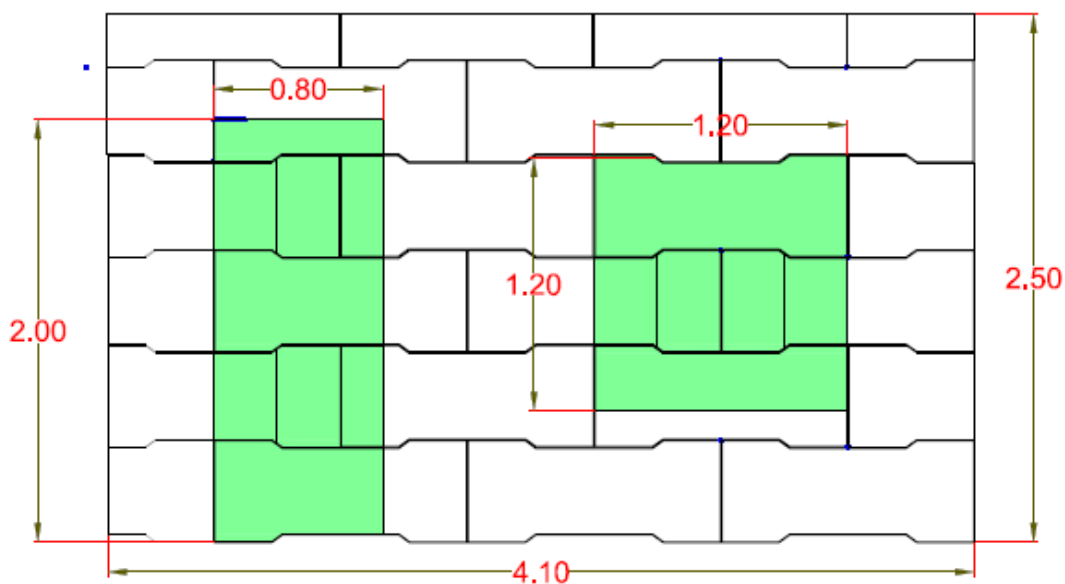
GRÁFICO 3.1-14 EJEMPLO DE MODULACIÓN PERFECTA



Modulación imperfecta (caso 2):

El aumento o disminución de las dimensiones del muro, en sentido horizontal y vertical, implica usar unidades especiales para eliminar el desperdicio. A diferencia del caso anterior, el número total de unidades ha aumentado, con el incremento de costos que se muestra en la Tabla 3.1-1, a pesar de que el área ocupada por el material es menor.

GRÁFICO 3.1-15 EJEMPLO DE MODULACIÓN IMPERFECTA





OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

En la Tabla 3.1-1, se cuantifican las unidades requeridas para los dos casos, en el caso dos pequeñas variaciones en el diseño ocasionan aumentos en el número de unidades y en los costos de mano de obra por colocación y elaboración de las mismas, tanto por ser especiales como por tener que cortarlas. Como se mencionó anteriormente los pedazos de los cortes que no se ocupen podrían ocuparse en el futuro, sin embargo, lo recomendable es diseñar la mampostería usando siempre las medidas de los bloques disponibles.

TABLA 3.1-1 NÚMERO DE ELEMENTOS UTILIZADOS PARA CADA CASO DEL EJEMPLO

Casos	Muros (m)		Vanos (m)				Unidades				
			Puerta		Ventana		Enteras	Medias	Cuartas	Otras	Unidades reales que se ocuparán
	Largo	Alto	Largo	Alto	Largo	Alto					
1	4.20	2.73	0.90	2.28	1.20	0.93	10	8	5	0	16
2	4.10	2.50	0.80	2.00	1.20	1.20	4	9	0	11	20

3.1.5.4 PUERTAS Y VENTANAS

Las puertas y ventanas son aberturas necesarias en un porcentaje considerable de muros, se consideran dentro del sistema constructivo propuesto, tomando ciertas consideraciones:

- En la parte superior de un elemento de este tipo se colocará un elemento dintel prefabricado que se expondrá en 3.1.5.4.2
- De ser considerado el caso por el ingeniero estructural, se colocará columnas o columnetas que rigidicen la estructura.

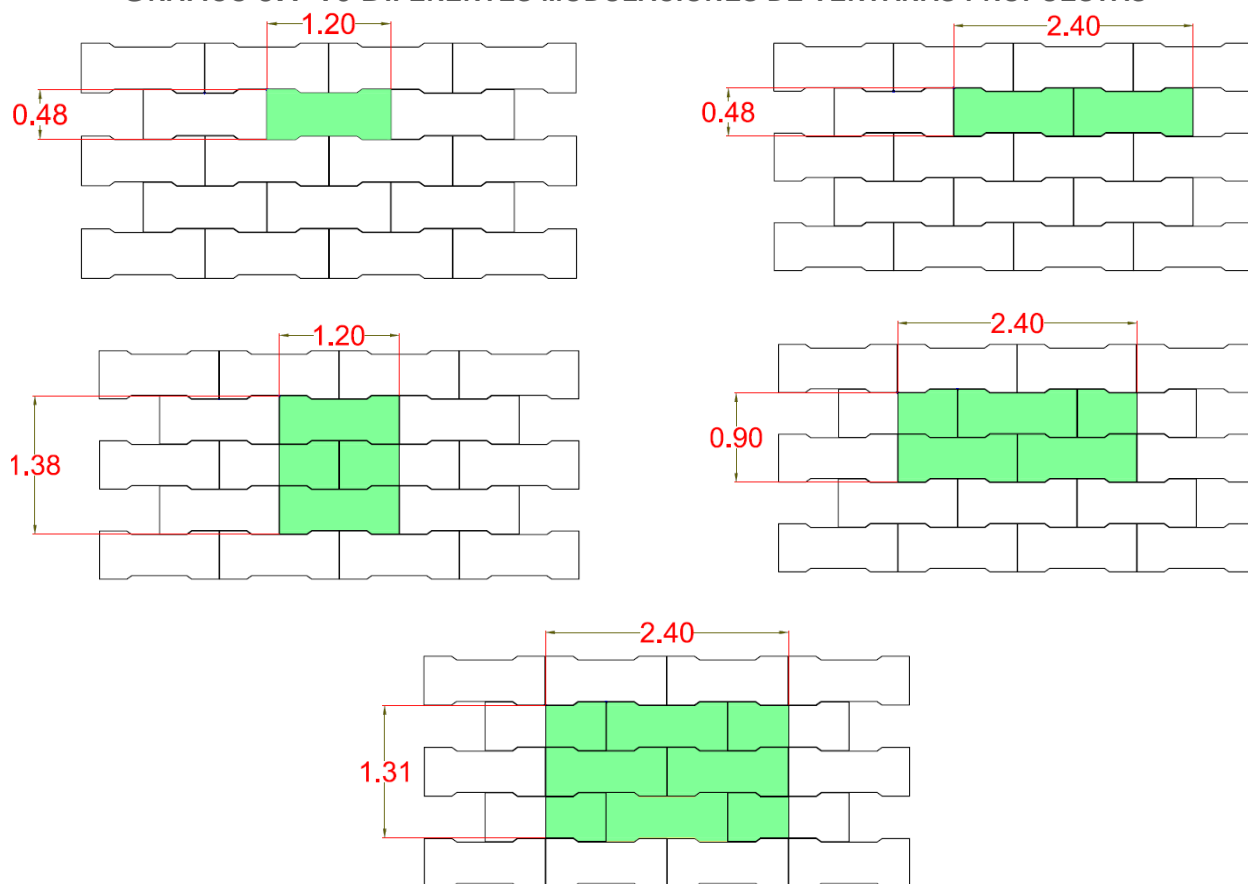
3.1.5.4.1 MODULACIÓN DE PUERTAS Y VENTANAS

Se presenta en esta subsección módulos proyectados que se recomiendan para este tipo de elemento; si el caso fuera otro, podrían cortarse los elementos como se establece en la sección 3.1.5.3. Los módulos que se recomiendan son:

VENTANAS

OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

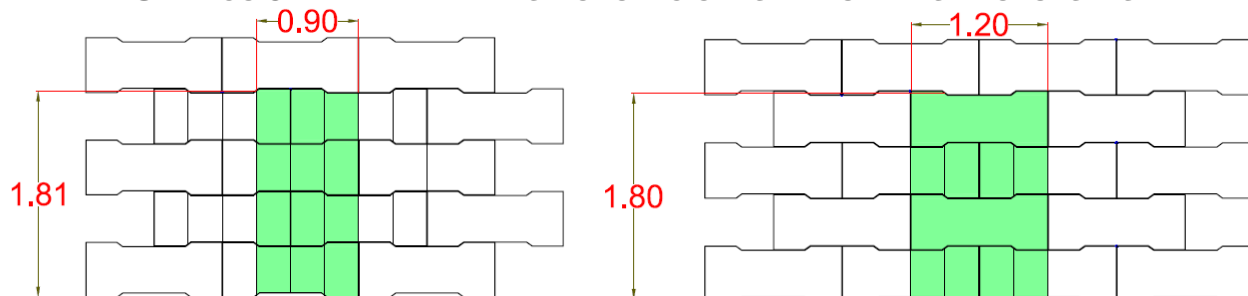
GRÁFICO 3.1-16 DIFERENTES MODULACIONES DE VENTANAS PROPUESTAS



OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

PUERTAS

GRÁFICO 3.1-17 DIFERENTES MODULACIONES DE PUERTAS PROPUESTAS



3.1.5.4.2 DINTELES PREFABRICADOS

Dentro del estudio de los dinteles, se trabajó con un elemento tipo viga rectangular reforzada sin estribos (se presenta a continuación los cálculos que sustentan estas premisas), que soporta el peso de las piezas que están sobre este elemento.

Para el diseño se planteó un pre dimensionamiento, tomando en cuenta aspectos como recubrimientos libres mínimos, varillas comerciales en nuestra región entre otros aspectos. Luego se realizó el cálculo del elemento, realizando tanteos para encontrar el eje neutro y a su vez el momento que puede soportar el mismo.

Se planteó dentro de este sistema constructivo, un caso extremo (como se puede observar en 3.1.5.4.1) para el cual buscaremos una solución, cubrir luces iguales a las generadas al soportar 3 piezas. El elemento diseñado que es capaz de soportar esta carga y cubre la luz generada para este caso, es un elemento pequeño en cuanto a requerimientos de recubrimientos por adherencia, espacios para hormigonado, etc. Por este motivo, para menores solicitaciones, se recomienda el uso del mismo elemento. Para otros casos que se puedan presentar de elementos capaces de funcionar a mayores solicitaciones, podría realizarse un cálculo similar para encontrar un dintel adecuado.

DATOS:

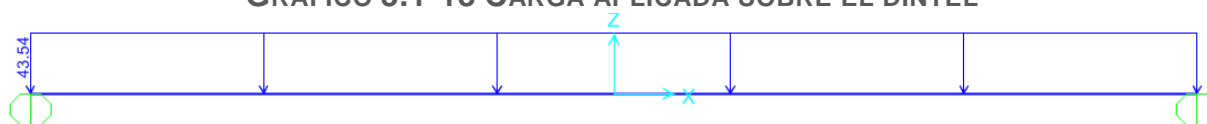
TABLA 3.1-2 DATOS UTILIZADOS PARA EL DISEÑO DEL DINTEL

B1		0.85
f'c	(kg/cm)	180
h	(cm)	12
b (cm)		12
Diámetro Var. (tensión)	(cm)	0.8
Diámetro Var. (compresión)	(cm)	0.8

OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

# Var. (tensión)		2
# Var. (compresión)		2
As (cm ²)		1.005
A's	(cm ²)	1.005
Rec. libre	(cm)	2
d	(cm)	9.6
d'	(cm)	2.4
fy	(kg/cm ²)	4200
q	(kg/cm)	0.4354
L	(cm)	360

GRÁFICO 3.1-18 CARGA APLICADA SOBRE EL DINTEL



Uso de la herramienta SAP2000

Diseño a flexión:

GRÁFICO 3.1-19 DISTRIBUCIÓN DE DEFORMACIONES Y ESFUERZOS EN UNA SECCIÓN SUJETA A FLEXIÓN

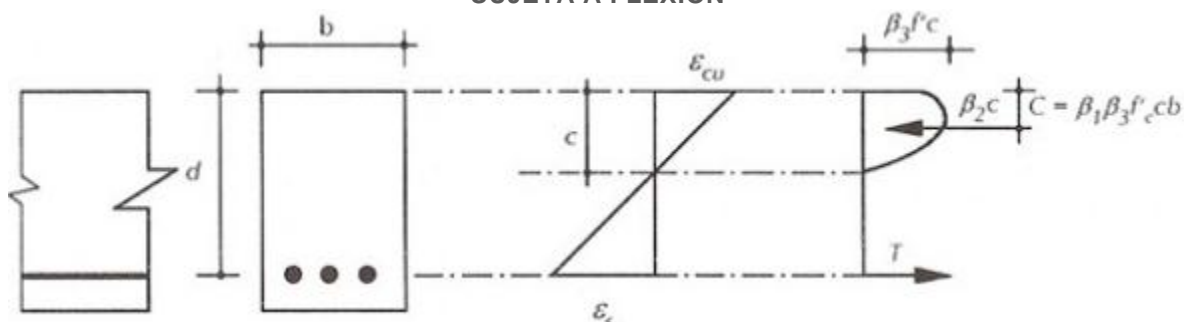
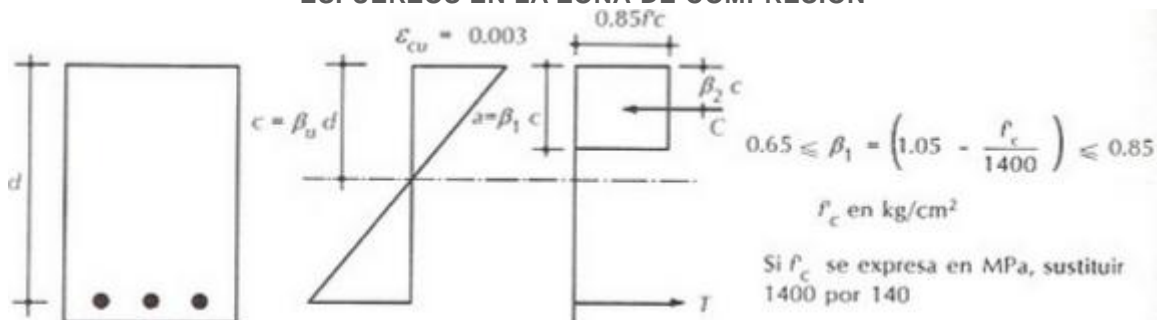


GRÁFICO 3.1-20 HIPÓTESIS DE ACI-318 DE LA DISTRIBUCIÓN DE DEFORMACIONES Y ESFUERZOS EN LA ZONA DE COMPRESIÓN



OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

GRÁFICO 3.1-21 MOMENTO FLECTOR DEL DINTEL CON CARGA MAYORADA



TABLA 3.1-3 TANTEOS DE "C" PARA EL DISEÑO DEL DINTEL

c	C (hormigón)	e's	e'y	f's	C (acero)	C (total)	es	ey	fs	T	C=T	Z=d- a/2	Mn	ΦMn
2.51	3925	0.0001	0.002	28	290	4215	0.0084	0.002	420	422	-	8.5311	3602	3241
5		4	0	8			5	0	0	2	7.79		1	9
2.51	3926	0.0001	0.002	29	292	4218	0.0084	0.002	420	422	-	8.5307	3601	3241
6		4	0	0			5	0	0	2	3.83		9	7
2.51	3928	0.0001	0.002	29	294	4222	0.0084	0.002	420	422	0.13	8.5303	3601	3241
7		4	0	3			4	0	0	2			7	6
2.51	3930	0.0001	0.002	29	297	4226	0.0084	0.002	420	422	4.09	8.5299	3601	3241
8		4	0	5			4	0	0	2			6	4

Donde:

c = Distancia al eje neutro en cm = se encuentra por tanteo.

C (hormigón) = Compresión del hormigón = $\beta_1 \cdot f'_c \cdot a \cdot b$

C (acero) = Compresión del del acero

C (total) = C (hormigón) + C (acero)

$$\beta_1 = B1 \rightarrow 0.65 \leq \beta_1 = \left(1.05 - \frac{f'_c}{1400} \right) \leq 0.85$$

f'_c = Resistencia a compresión del hormigón.

a = Distribución aproximada (rectangular) del esfuerzo del hormigón = $0.85 \cdot c$

b = Base (ancho) de la sección transversal de la viga.

h = Peralte de la viga.

d = Peralte efectivo de la viga.

d' = Peralte efectivo de la varilla a compresión.

L = Luz libre de la viga.

$\epsilon_s = \epsilon_s$ = Def. unitaria del acero, al esfuerzo al que está sometido con $\epsilon_{cu} = 0.003$

ϵ_{cu} = Deformación unitaria máxima útil del hormigón = 0.003

$\epsilon_y = \epsilon_y$ = Deformación unitaria de fluencia del acero.

Si: $\epsilon_y \leq \epsilon_s$, entonces, $f_s = f_y = 4200 \frac{kg}{cm^2}$, si no, $f_s = f_y = \epsilon_s \cdot 2.1 \cdot 10^6$

f_s = Esfuerzo al que está sometido el acero.

OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

* $A_s, \varepsilon'_s, \varepsilon'_y, f'_s \rightarrow$ Son iguales a sus homólogos pero al llevar (') significa que se trata del acero a comp.

$f_y =$ Esfuerzo de fluencia del acero = 4200 kg/cm^2

$$T = f_s \cdot A_s$$

$M_n =$ Momento nominal de la sección = $T \cdot Z$

$M_u =$ Momento último (mayorando las cargas)

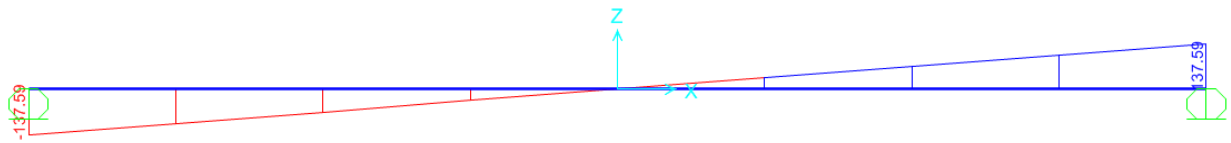
$$Z = d - \frac{a}{2}$$

$$\Phi M_n \geq M_u$$

ECUACIÓN 3.1-4 DISEÑO A FLEXIÓN DE UNA VIGA

Diseño a cortante:

GRÁFICO 3.1-22 ESFUERZO CORTANTE DEL DINTEL CON CARGA MAYORADA



Uso de la herramienta SAP2000

$$V_c = 0.53 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d$$

$$V_c = 0.53 \cdot \sqrt{180 \text{ kg/cm}^2} \cdot 12 \text{ cm} \cdot 4.6 \text{ cm} = 392.51 \text{ kg}$$

$$\text{Si } \frac{\Phi}{2} V_c \geq V_u, \text{ no necesita estribos}$$

ECUACIÓN 3.1-5 DISEÑO A CORTANTE DE UNA VIGA

$$\frac{\Phi}{2} V_c = \frac{0.75}{2} \cdot 392.51 = 147.19 \text{ kg} \quad V_c \geq V_u = 137.59 \text{ Kg}$$

\therefore No hace falta el uso de estribos.

Diseño por deflexión del dintel:

TABLA 3.1-4 DEFLEXIONES

Es	(kg/cm ²)	2100000
Ec	(kg/cm ²)	202588
n		10.37
n-1		9.37
fr	(kg/cm ²)	26.83
Área equivalente	(cm ²)	9.42
Ig	(cm ⁴)	1728
Yt (centro de gravedad)	(cm)	5.78
Mcr	(kg*cm)	8023
Ma	(kg*cm)	10319



OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

Ma/Mcr		1.29
ρ		0.009
K		0.34
I _{cr}	(cm ⁴)	557
I _e	(cm ⁴)	1108
Δ_0 (corto plazo) (cm)		0.42
ξ		2
ρ'		0.009
λ		1.39
Δ_{LT} (largo plazo)	(cm)	0.59

Donde:

E_s = Módulo de elasticidad del acero = 2000000 kg/cm²

E_c = Módulo de elasticidad del hormigón = 15100 · $\sqrt{f'_c}$

n = Relación modular = E_s/E_c

f_r = Esfuerzo de agrietamiento = $2 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c}$

I_g = Inercia bruta del hormigón = $\frac{b \cdot h^3}{12}$

y_t = centro de gravedad = dist. al centro de gravedad sin contar aceros = $\frac{\sum A_i \cdot y_i}{A_i}$

M_{cr} = Momento de agrietamiento = $f_r \left(\frac{I_g}{y_t} \right)$

M_a = Momento máximo en condiciones de servicio

ρ = cuantía = $\frac{A_s}{b \cdot d}$

K = % de d = $\sqrt{(\rho \cdot n)^2 + 2(\rho \cdot n)} - \rho \cdot n$

I_{cr} = Inercia agrietada = $\frac{b \cdot (K \cdot d)^3}{3} + n \cdot A_s (d - K \cdot d)^2$

I_e = Inercia efectiva = $\left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 \cdot I_g + \left(1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 \right) \cdot I_{cr} \leq I_g$

Δ_0 = Deflexion instantatanea = $\left(\frac{5}{384} \right) \left(\frac{q \cdot L^4}{E_c \cdot I_e} \right)$

λ = $\frac{\xi}{1 + 50\rho'}$

ξ = 2.0 (Para 5 años o más)

$\rho' = \frac{A'_s}{b \cdot d}$

Δ_{LT} = Deflexion a largo tiempo = $\lambda \cdot \Delta_0$
Ecuación 3.1-6 Deflexiones

OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

GRÁFICO 3.1-23 DINTEL CON LUZ DE 3.60 M

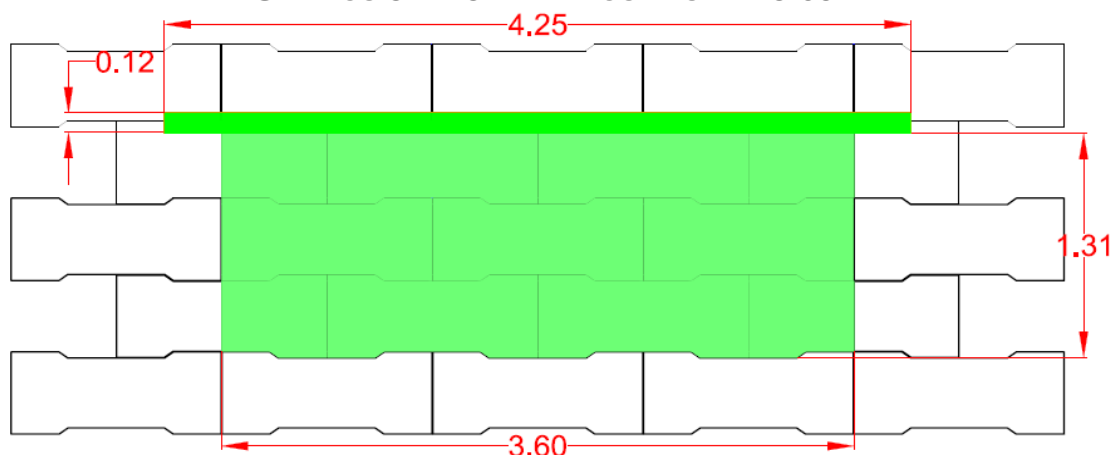
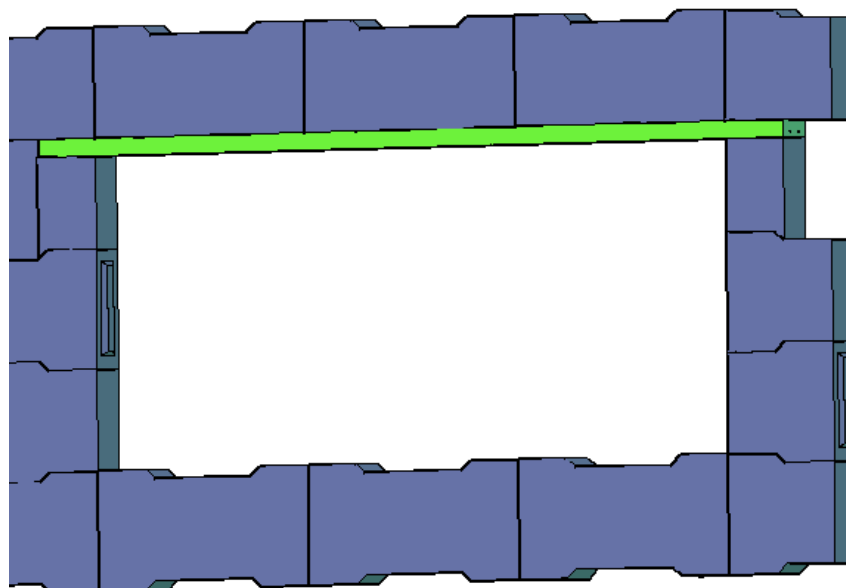


GRÁFICO 3.1-24 DINTEL 3D



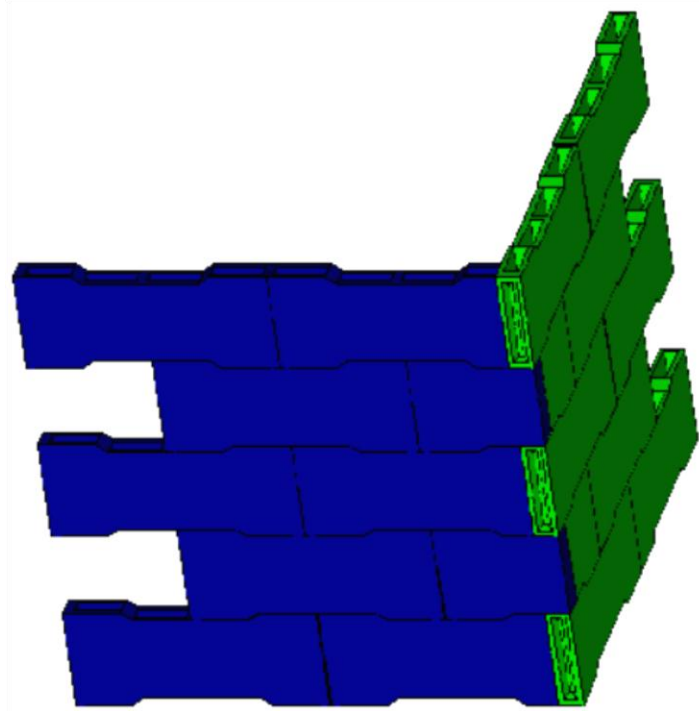
3.1.5.5 ELEMENTOS ESQUINA

Para generar mayor rigidez en una esquina que puede ser sujeto de transmisión de cargas a la estructura, si no se ha planificado una columna en ese lugar, se recomienda tejer la mampostería, traslapando una hilada de un lado de la esquina con la hilada del otro lado de la esquina que está sobre esta, luego fundir una columneta como se explica en la sección 3.1.5.1. Se debe aclarar que esta alternativa puede usarse si la

OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

mampostería es portante. Se muestra a continuación un gráfico que permite visualizar esta solución.

GRÁFICO 3.1-25 TEJIDO DE LA MAMPOSTERÍA PROPUESTA EN LA ESQUINA



3.1.5.6 REVESTIMIENTO

En la mampostería proyectada MMBH, se puede no usar ningún revestimiento, ya que una de sus propiedades es el acabado arquitectónico del muro final; además de que el no aplicar un revestimiento significaría un ahorro de tiempo, que también es objeto de este trabajo.

Se realizó un ensayo de aplicación de empaste, obteniendo buenos resultados. Así como también se aplicó, con una brocha, un inhibidor de humedad incoloro que sirve de protector para el muro. El producto aplicado es un hidrorrepelente marca Sika; comercialmente existen otros productos que cumplen la misma función y se los recomienda en este tipo de trabajos.

OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

GRÁFICO 3.1-26 EMPASTADO DE LA MAMPOSTERÍA PROPUESTA



GRÁFICO 3.1-27 PINTURA
HIDROREPELENTE SIKKA



3.1.5.7 COLORES Y TEXTURAS

En la producción de las piezas prefabricadas, se usó aditivos del tipo de pigmentos, así también como pinturas aplicadas directamente sobre las piezas y el uso de piezas texturizadas, dando a los muros múltiples acabados; lo que se traduce como un valor agregado.

OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

GRÁFICO 3.1-28 PANELES TEXTURIZADOS



GRÁFICO 3.1-29 PANELES DE COLORES



3.2 PROCESO DE FABRICACIÓN DE LA PIEZA DE MAMPOSTERÍA

La MMBH es realizada en la industria de prefabricados del Ing. Galo Zalamea León. La fábrica nos facilitó el lugar, las herramientas y el personal para la confección de las piezas de mampostería.

3.2.1 MATERIALES

OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

En la construcción, los materiales de los que se componen las piezas de mampostería son de gran importancia. Definen factores como peso de la pieza de mampostería, resistencia de la pieza, propiedades físicas (aislamiento térmico, acústico, resistencia al fuego), entre otras.

En este trabajo el material no es una variable a analizar. Se confecciona las piezas de mampostería con hormigón celular, material desarrollado por la empresa que colaboró en el desarrollo de este trabajo.

El material utilizado presenta propiedades favorables debido a su naturaleza. Dentro de estas propiedades se pueden mencionar:

- Se corta fácilmente con una amoladora.
- Para fijar elementos, como cuadros en una pared, se debe utilizar tornillos. La porosidad del material permite la introducción de tornillos y clavos sin fracturarse. Al usar tornillos el agujero generado mantiene su forma sin que se afloje este y se pierda seguridad en la pieza que sostiene.
- Presenta favorables propiedades físicas como aislante térmico, acústico y es resistente al fuego. Se expone más a fondo sobre estas propiedades en la sección 3.2.4.

GRÁFICO 3.2-1 PIEZA CORTADA CON AMOLADORA



OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

GRÁFICO 3.2-2 PIEZAS CORTADAS COLOCADAS EN OBRA



3.2.2 MOLDES

El proceso de hormigonado se realiza en este trabajo utilizando moldes de madera, se proyecta para el futuro (luego de haber realizado varias pruebas) utilizar maquinaria para la producción industrial.

GRÁFICO 3.2-3 PRODUCCIÓN EN FÁBRICA DE LAS PIEZAS



3.2.3 TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

Luego de producidas, las piezas se almacenan en la fábrica, apiladas unas junto a otras, en hileras y sobre estas hileras, otras; ocupando el espacio de la bodega, este espacio deberá considerarse si se requiere almacenar grandes producciones. En la práctica, se ha podido observar que los elementos producidos con el material mencionado para este trabajo, se mantiene en la intemperie, sin presentar daños por alrededor de un año, que es el tiempo que se los ha podido observar. Es importante asentar las piezas sobre tiras de madera, debido a que imperfecciones en el terreno o la presencia de escombros pueden producir esfuerzos puntuales que afecten a las piezas.

Luego los elementos son transportados a la obra mediante vehículos de carga. Es importante que se manipulen con cuidado tanto al cargar como descargar y sobre todo se los asiente sin dejarlos caer; como otras piezas de hormigón son de carácter frágil y pueden fracturarse o despostillarse.

GRÁFICO 3.2-4 ALMACENAMIENTO DE
LAS PIEZAS SOBRE TIRAS DE MADERA



GRÁFICO 3.2-5 MANIPULACIÓN DE LAS
PIEZAS DE MAMPOSTERÍA



3.2.4 PROPIEDADES ACÚSTICAS, TÉRMICAS Y DE RESISTENCIA AL FUEGO DE LAS PIEZAS FABRICADAS

Aislamiento térmico:

El aislamiento térmico es una característica de los muros de mampostería, es directamente proporcional al espesor del muro y es inversamente proporcional a la densidad del hormigón de las unidades, en el caso estudiado en este trabajo se usa hormigón celular el cual es considerado un material aislante térmico. Adicionalmente, las perforaciones de las piezas fabricadas como se expone en 2.3.1 funcionan muy bien como cámaras aislantes, El área neta transversal de la pieza es el 50% del área bruta.

OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

Por lo general las piezas presentan aislamiento térmico suficiente, sin embargo, las perforaciones pueden ser reforzadas en su función al rellenarlas con algún otro material como espuma, fibra de vidrio, etc.

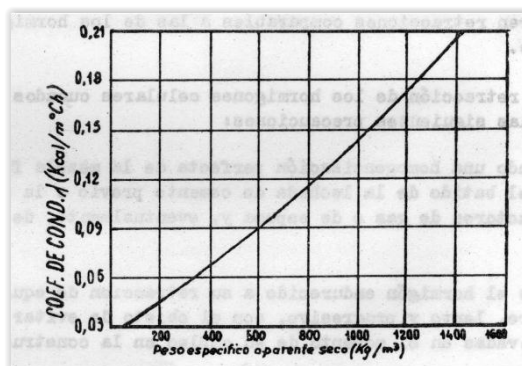
Aislamiento acústico:

Las piezas superficialmente son poco porosas la absorción del sonido se acentúa en los bloques de hormigón con textura porosa y disminuye, hasta el 3%, cuando han sido recubiertos con acabados lisos que contribuyen a cerrar los poros. Dependiendo de la textura del hormigón y del acabado de la superficie, los muros de mampostería de hormigón absorben entre el 18% y el 69% del sonido. (Herrea & Guillermo, 2010)

De manera similar que para el aislamiento acústico, el material presenta buenas características. Si es necesario también se pueden rellenar las perforaciones con materiales que, por lo general, cumplen ambas funciones.

Se verifica con los hormigones celulares que existe una proporcionalidad directa entre la conductibilidad térmica y el peso específico aparente seco.

GRÁFICO 3.2-6 CONDUCTIBILIDAD TÉRMICA VS EL PESO ESPECÍFICO APARENTE SECO.



Resistencia al fuego:

La resistencia al fuego es directamente proporcional al espesor del material por donde fluye el flujo calórico, el tipo de agregados empleados en su fabricación, la relación cemento-agregados, el método de curado del hormigón y su resistencia.

Los materiales cementicios tienen resistencias al fuego altas. Sin embargo al estar expuesto por tiempos considerables a altas temperaturas su módulo de elasticidad y también sus coeficientes de Poisson se reducen lo que podría resultar en la falla del muro.



OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

Si se compara la mampostería con otros sistemas constructivos usados en la región que se exponen en la sección 2.1.1; la madera, la caña, el bahareque, el hormigón armado, el *gypsum* y el poliestireno, se puede recalcar a la mampostería como el sistema constructivo con mejores propiedades con respecto a la resistencia al fuego.

Se mencionan también que los muros de mampostería de perforación vertical, aun cuando sólo tengan un relleno parcial del total de las celdas, ofrecen una aceptable resistencia al fuego, debiéndose proceder a una inyección completa en muros para una protección elevada. (Herrea & Guillermo, 2010).

El hormigón celular, es más resistente a la acción del fuego que el hormigón tradicional, puesto que la dilatación volumétrica por temperatura de los materiales componentes es absorbida por los poros; por lo que no se descascara la superficie expuesta.

3.3 COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA MAMPOSTERÍA

3.3.1 ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE DE LAS PIEZAS

Los ensayos que se realizan en laboratorio para aplicar cargas en muros construidos y medir deformaciones, requieren de laboratorios especializados a los cuales no se tiene acceso en el caso de este trabajo, en la actualidad y en la región.

Los ensayos que se pudo realizar son de resistencia a compresión simple de las piezas, los cuales nos podrán formar una idea del comportamiento de la mampostería.

La resistencia que se obtuvieron se encontraron ensayando pedazos de la pieza entera, debido a que no se pudo utilizar una prensa capaz de ensayar el elemento completo. Ver sección 4.2.

3.4 ENSAYOS DE PRODUCTIVIDAD DEL PROCESO DE COLOCACIÓN DE LAS PIEZAS DE MAMPOSTERÍA

Para medir la productividad, las pruebas a realizarse se basaron en la construcción de una pared sobre una viga fundida anteriormente; se contó la cantidad de bloques mampuestos y se midió el área de pared construida en un tiempo determinado. El ensayo se realizó en la construcción de un muro de cerramiento que constaba de 90 m²; se observó todo el procedimiento y también se filmó gran parte del mismo.

Se consideró apropiado representar la productividad en términos de producción en metros cuadrados por unidad de tiempo (hora). Es importante notar que en este caso el espesor de la pared no tiene repercusión directa en la productividad.



OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

Dentro del estudio reportado en (K. B. Anand & Ramamurthy, 2003), el método utilizado para medir la productividad fue, contar el tiempo que se demoró en construir 1.5 m^2 . Para el sistema MMBH se procede de manera similar, sin embargo no se restringe el método a 1.5 m^2 , debido a que se espera que los resultados obtenidos con piezas de mayor tamaño sean más precisos si se considera áreas mayores.

Luego se comparó la productividad obtenida con los datos reportados en m^2/h . También se reporta datos de productividad en (Crespo Muñoz, 2015), sin embargo este trabajo no reportó un método descrito que se pueda replicar.

El proceso de colocación se realizó con un equipo conformado por un albañil, un ayudante de albañil y un peón. La pieza de mampostería fue trasladada o cargada por una sola persona del equipo. El momento de colocar sobre todo en las hileras superiores fue necesario que la pieza sea manipulada entre dos personas del equipo. Los resultados reportados en (K. B. Anand & Ramamurthy, 2003) fueron generados con un equipo con el mismo número de personas, sin embargo los resultados reportados en (Crespo Muñoz, 2015) fueron generados por el trabajo de un albañil y un ayudante, lo que fue considerado para realizar análisis comparativos dentro de este trabajo.

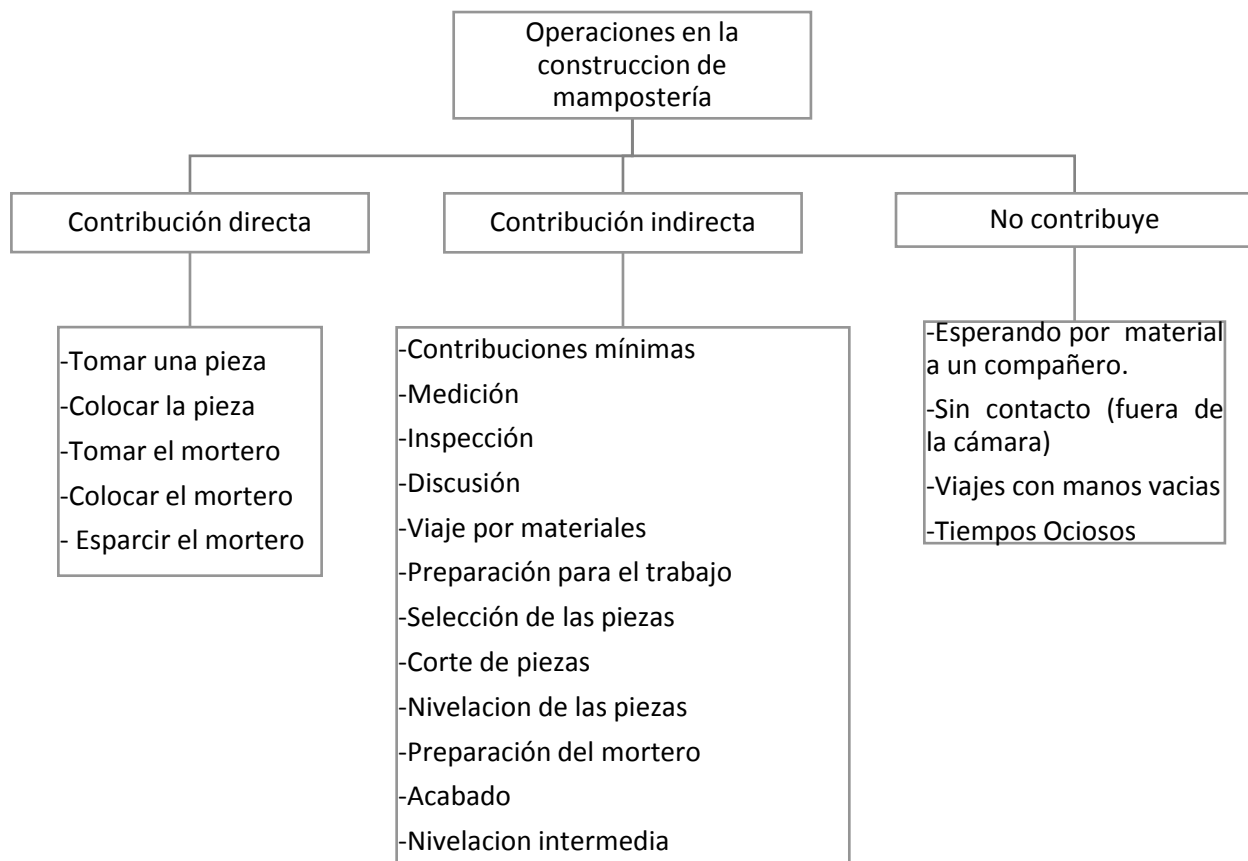
La influencia de algunos variables relacionados con el proceso constructivo que pueden afectar a la productividad son: construcción de la estructura u obras adicionales (uso de columnas, columnetas, vigas, instalaciones, etc.), la altura de la construcción, acabados de los muros u otros; Los ensayos de productividad no consideran estas complicaciones, se realizan en una situación idealizada para fines netamente comparativos.

Para la evaluación del desempeño del personal, el método de trabajo de muestreo categorizó las actividades como aportación directa, indirecta contributiva y no contributiva (método tomado de “Laboratory-Based Productivity Study on Alternative Masonry Systems” (K. B. Anand & Ramamurthy, 2003)) como se muestra en el Gráfico 3.4-1.



OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

GRÁFICO 3.4-1 CLASIFICACIÓN DE LA ACTIVIDADES DE TRABAJO




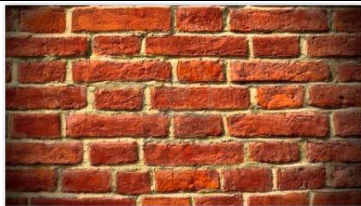
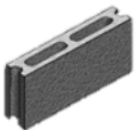



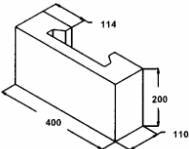
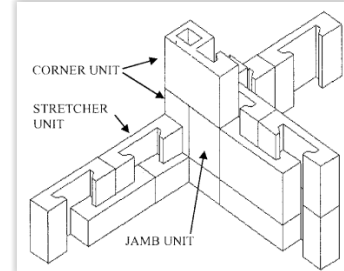


Obtenido de (K. B. Anand & Ramamurthy, 2003)

Los resultados del método utilizado se presentan en 4.3

Se presenta a continuación fotos del sistema estudiado, así como del resto de sistemas usados para compararlos.

OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

TABLA 3.4-1 FOTOS DE LOS DIFERENTES SISTEMAS DE MAMPOSTERÍA COMPARADOS

Ladrillo		
Bloque de pómez tradicional		
Macro-bloque de pómez (Crespo Muñoz, 2015)		
Bloque entrelazado (K. B. Anand & Ramamurthy, 2003)		
MMBH		

OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se presenta fotos de los bloques producidos, así como también de muros, datos de la productividad obtenida y precios unitarios tanto de la mampostería tradicional como de macro bloques de pómez y de la MMBH y también datos de los ensayos de resistencia a compresión. Los procesos y métodos que se realizaron para obtener los mismos se describen en el capítulo 3.

4.1 RESULTADOS DE LA FABRICACIÓN DE LAS PIEZAS DEL SISTEMA MMBH

GRÁFICO 4.1-1 FOTOS DEL SISTEMA MMBH



OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR



OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

GRÁFICO 4.1-2 MANIPULACIÓN DE LA PIEZA ENTRE DOS PERSONAS



OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

4.2 RESULTADOS DEL ENSAYO A COMPRESIÓN SIMPLE DE LAS PIEZAS

En cuanto a la resistencia de las piezas utilizadas, los resultados obtenidos por el proceso detallado en 3.3, se muestra a continuación:

GRÁFICO 4.2-1 PRENSA UTILIZADA PARA ENSAYAR LOS ELEMENTOS



GRÁFICO 4.2-2 PIEZAS ENSAYADAS



TABLA 4.2-1 RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE LAS PIEZAS

Bloque	Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Peso (kg)	Densidad (kg/m ³)	Resistencia (Kg/cm ²) 28 días
1	123.24	3641	4.54	1246	36.32
2	126.63	3779	4.88	1291	45.87
3	126.94	3795	4.47	1178	40.91
Promedio					41.03



OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

Se observa que la resistencia de las piezas cumple la normativa, dentro del campo de bloques huecos de hormigón no portantes.

4.3 RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE PRODUCTIVIDAD

En cuanto a producción, se utilizó el método descrito en la sección 3.4. Aquí se presenta los datos obtenidos, ensayando la mampostería en cuestión, así como también datos presentados en (K. B. Anand & Ramamurthy, 2003) y (Crespo Muñoz, 2015), usados con el objetivo de compararlos.

TABLA 4.3-1 DATOS OBTENIDOS DE LA PRODUCTIVIDAD

	# DE PAREDES COLOCADAS	m ² COLOCADOS	HORAS DE TRABAJO	m ² /h	error	error %
Jueves, 10 de septiembre	23	12.15	4	3.04	0.59	16.4
Viernes, 11 de septiembre	29	15.66	4	3.92	-0.28	7.8
Lunes, 14 de septiembre	11	5.94	1.66	3.58	0.05	1.5
Martes, 15 de septiembre	44	23.81	6	3.97	-0.34	9.3
Miércoles, 16 de septiembre	28	15.12	4	3.78	-0.15	4.1
Jueves, 16 de septiembre	13	7.02	2	3.51	0.12	3.3

Promedio 3.63

El error de esta tabla fue encontrado restando el promedio de m²/h construidos, menos la lectura de m²/h de cada día. Se presenta este error con el motivo de validar los datos obtenidos. Se puede observar que el mayor de los errores pertenece al primer día de trabajo, colocándose este día menor cantidad de piezas que el resto de días; este dato puede ser explicado sabiendo que toma un poco de tiempo el que los albañiles colocadores se familiaricen con el sistema. Para un mejor análisis, se elimina el primer día de trabajo, la tabla de datos se modificaría de la siguiente manera.

TABLA 4.3-2 PRODUCTIVIDAD DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO MMBH

	# DE PAREDES COLOCADAS	m ² COLOCADOS	HORAS DE TRABAJO	m ² /h	error	error %
Viernes, 11 de septiembre	29	15.66	4	3.92	-0.16	4.4
Lunes, 14 de septiembre	11	5.94	1.66	3.58	0.17	4.6
Martes, 15 de septiembre	44	23.81	6	3.97	-0.22	5.8
Miércoles, 16 de septiembre	28	15.12	4	3.78	-0.03	0.8



OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

Jueves, 16 de septiembre | 13 | 7.02 | 2 | 3.51 | 0.24 | 6.4

Promedio 3.75 m²/h

En este análisis se presentan errores de $\pm 5\%$; estos errores se deben a que dentro de la construcción del muro suele presentarse problemas como, por ejemplo, al cortarse una pieza, se la coloca en la cuarta hilada y se observa que el corte no es el requerido; se requiere bajar nuevamente la pieza y cortarlo otra vez. En la realidad, se pueden presentar múltiples problemas que serán solucionados por el equipo de trabajo, discutiéndolos; lo que genera que el tiempo de colocación no pueda ser siempre el mismo. Para el resto de análisis se usará el valor promedio de colocación.

La siguiente tabla presenta productividades de varios sistemas de mampostería:

TABLA 4.3-3 COMPARACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD DE CONSTRUCCIÓN DE DIFERENTES SISTEMAS DE MAMPOSTERÍA

Tipo de mampostería	Contribución directa	Contribución indirecta	No contribuye	Producción total (m ² /h)	Tiempo de operaciones contributivas	Producción neta (m ² /hora productiva)	Aumento de productividad con respecto a la MMBH
Ladrillo	46.4	37.6	16.0	0.81	0.84	0.97	4.74
Bloques huecos (Pómez)	51.8	29.1	19.1	1.03	0.81	1.27	3.60
Bloques huecos según (Crespo Muñoz, 2015) (Pómez)						0.98	4.67
Bloque entrecruzado sólido, sin cama de mortero	52.4	20.0	27.6	1.68	0.72	2.32	1.97
Bloque entrecruzado sólido, con cama de mortero de 10 mm (dosificación 1:6)	52.0	23.8	24.2	1.41	0.76	1.86	2.45
Bloque entrecruzado sólido, con cama de mortero de 2-3 mm (dosificación 1:3)	51.1	26.7	22.2	1.47	0.78	1.89	2.42
Bloque entrecruzado hueco, sin cama de mortero	54.0	19.6	26.4	1.63	0.74	2.21	2.07
Bloque entrecruzado hueco, con cama de mortero de 2-3 mm (dosificación 1:3)	55.1	22.9	22.0	1.33	0.78	1.71	2.68
Macro bloque de pómez (Crespo Muñoz, 2015)						2.68	1.71
Macro bloques de hormigón MMBH	47.0	35.0	18.0	3.75	0.82	4.57	1.00



OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

Los datos extraídos de (Crespo Muñoz, 2015) presentan valores vacíos dentro de esta tabla, debido a que en el estudio reportado no presenta esos análisis.

Se puede observar que la MMBH aumenta su productividad alrededor de 4.74 veces a la de ladrillo y 3.6 veces a la mampostería de bloques tradicionales de pómez huecos, que se enmarcan dentro del campo de la mampostería tradicional. Incluso, se obtiene mayor productividad que trabajos como bloques entrecruzados de junta seca.

La productividad generada con el sistema de bloques entrelazados sin cama de mortero estudiados por Anand K. B. y Ramamurthy K. (Mortlock & Whitehead, 1970), es superada en productividad 1.97 veces. La productividad que se acerca más a la generada con el sistema MMBH es la producida por los macro bloques de pómez, en la tesis de maestría de la Arq. Silvia Crespo Muñoz, M.Sc. (Crespo Muñoz, 2015) que es también superada 1.4 veces.

Dentro de este análisis es importante notar que los resultados generados en este trabajo y en (K. B. Anand & Ramamurthy, 2003) son generadas por un albañil y dos ayudantes, los resultados generados en (Crespo Muñoz, 2015) son consecuencia del trabajo de un albañil y un ayudante, lo que supone que la productividad si se quiere tomar en cuenta el número de trabajadores debería asumir una ponderación diferente. Para este caso se ha resuelto tomar un equipo de seis personas, en el caso de los macro bloques de pómez (Crespo Muñoz, 2015) la productividad se triplicaría y para el sistema MMBH la productividad duplicaría. La productividad entonces respectivamente sería 8.04 m²/h y 9.14 m²/h; lo que resulta en que la productividad para este caso del sistema MMBH es ahora 13% mayor.

- Para una mejor compresión en cuanto a la productividad, se presenta un pequeño ejemplo que ilustra el caso en cuestión. Si se quiere colocar dentro de una casa 300 m² de paredes mampuestas, para una obra donde se trabaja de lunes a viernes como es común, las siguientes figuras presentan el avance de la obra para algunos diferentes sistemas de colocación de mampostería.



OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

**GRÁFICO 4.3-1 GRÁFICO DE BARRAS COMPARATIVO DE LA PRODUCTIVIDAD DE
CONSTRUCCIÓN DE DIFERENTES SISTEMAS DE MAMPOSTERÍA**

M. de Ladrillo (K. B. Anand & Ramamurthy, 2003)	L	INICIO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	M	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	MI	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	J	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	V	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	S											
M. de Bloque tradicional (K. B. Anand & Ramamurthy, 2003)	L	INICIO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	M	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	MI	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	J	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	V	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	S											
M. de bloque entrelazado (K. B. Anand & Ramamurthy, 2003)	L	INICIO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	M	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	MI	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	J	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	V	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	S											
M. de Macro Bloque de pómez (Crespo Muñoz, 2015)	L	INICIO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	M	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	MI	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	J	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	V	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	S											
MMBH	L	INICIO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	M	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	MI	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	J	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	V	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	S											



OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

No se observa ninguna relación en cuanto a las actividades de contribución directa y la productividad de las diferentes técnicas de colocación del bloque entrelazado. En cuanto al bloque de pómez hueco, los porcentajes de actividades de contribución directa son parecidos al sistema de bloques entrelazados. Se observa que el bloque entrelazado aumenta considerablemente el porcentaje de productividad directa con relación a la mampostería de ladrillo. El sistema MMBH presenta porcentajes de actividades de contribución directa cercanos a la mampostería de ladrillo. Este análisis nos permite saber que actividades deberán ser consideradas para optimizar en mayor grado la productividad del proceso constructivo en estudios futuros.

4.4 RESULTADOS DE PRECIOS UNITARIOS

Para el primer análisis, los precios unitarios de colocación de mampostería tradicional o bloques de pómez y enlucido fueron extraídos de (Crespo Muñoz, 2015), con el motivo de comparar los reportes presentados en ese trabajo con los resultados obtenidos de MMBH. Para el caso de los precios unitarios presentados para empastado, estos son producto de esta investigación basados en datos recopilados en ferreterías de la región.

Se presenta los siguientes rubros de construcción: la mampostería tradicional de bloques de pómez, los macro-bloques de hormigón estudiados por (Crespo Muñoz, 2015) y la mampostería estudiada en este trabajo MMBH; del resto de sistemas no se pueden presentar estos datos, ya que no fueron reportados y además son sistemas utilizados fuera del país. Dentro de los anexos en la sección 7 se presenta el detalle de los precios unitarios, estos precios corresponden al costo de un m² colocado.

Se presenta a continuación una comparación de los rubros de estos tres tipos de mampostería.

TABLA 4.4-1 COMPARACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS 1

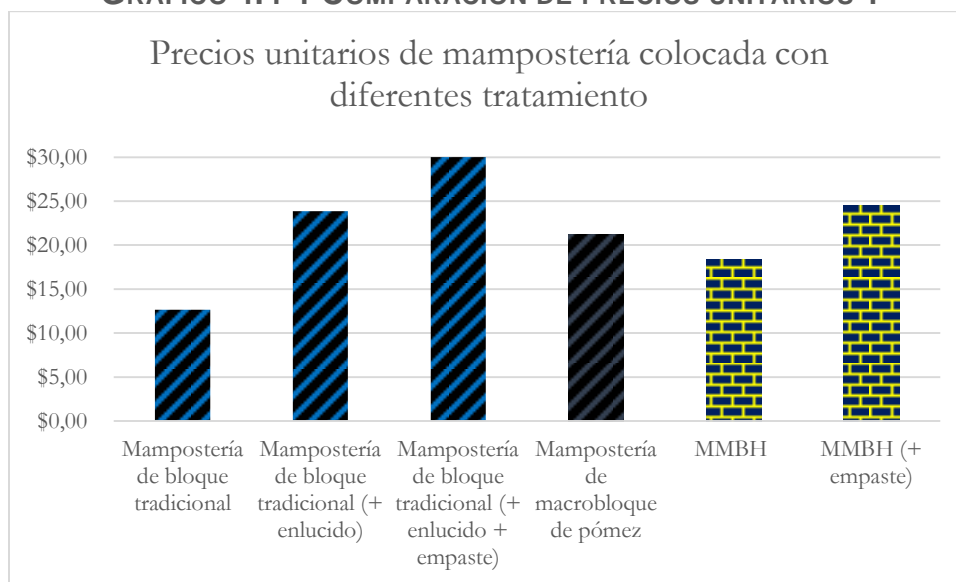
	Mampostería de bloque tradicional	Mampostería de bloque tradicional (+ enlucido)	Mampostería de bloque tradicional (+ enlucido + empaste)	Mampostería de macro bloque de pómez	MMBH	MMBH (+ empaste)
Bloque colocado	\$ 12.67	\$ 12.67	\$ 12.67	\$ 21.19	\$ 18.33	\$ 18.33
Enlucido	x	\$ 11.20	\$ 11.20	x	x	x
Empastado	x	x	\$ 6.14	x	x	\$ 6.14
Total	\$ 12.67	\$ 23.87	\$ 30.01	\$ 21.19	\$ 18.33	\$ 24.47
diferencia	\$ 0.00	(\$ 11.20)	(\$ 17.34)	(\$ 8.52)	(\$	(\$



OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

de costos					5.66)	11.80)
Relación entre costos	1.00	1.88	2.37	1.67	1.45	1.93

GRÁFICO 4.4-1 COMPARACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS 1



Para un segundo análisis, debido a que dentro de la investigación de campo en el mercado, los precios unitarios obtenidos resultan algo diferentes, se presenta un análisis análogo con precios unitarios frutos de esta investigación.

TABLA 4.4-2 PRECIOS UNITARIOS DE DIFERENTES MAMPOSTERÍAS 2

Mampostería de bloque de pómez de 0.40x0.20x0.10 m	m2	\$ 13.76
Mampostería de bloque de pómez de 0.40x0.20x0.20 m	m2	\$ 17.15
Mampostería de ladrillo panelón de 0.28x0.14x0.09 m	m2	\$ 20.26
Mampostería de bloque de concreto de 0.40x0.20x0.10 m	m2	\$ 17.68
Mampostería de bloque de concreto de 0.40x0.20x0.20 m	m2	\$ 19.50
Mampostería de macro bloque de pómez	m2	\$ 21.32
MMBH	m2	\$ 18.40
Enlucido mortero 1:3	m2	\$ 8.02
Empastado para paredes prefabricadas (son regulares)	m2	\$ 3.88
Empastado especial para paredes	m2	\$ 6.48
Empastado simple	m2	\$ 4.20



OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

TABLA 4.4-3 COMPARACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS 2

	Mampostería de bloque de pómez de 0.40 x 0.20 x 0.10 m	Mampostería de bloque de pómez de 0.40 x 0.20 x 0.10 m (+ enlucido)	Mampostería de bloque de pómez de 0.40 x 0.20 x 0.10 m (+ enlucido + empaste)	Mampostería de bloque de pómez de 0.40 x 0.20 x 0.20 m	Mampostería de bloque de pómez de 0.40 x 0.20 x 0.20 m (+ enlucido)	Mampostería de bloque de pómez de 0.40 x 0.20 x 0.20 m (+ enlucido + empaste)	Mampostería de ladrillo panelón de 0.28 x 0.14 x 0.09 m	Mampostería de ladrillo panelón de 0.28 x 0.14 x 0.09 m	Mampostería de ladrillo panelón de 0.28 x 0.14 x 0.09 m
Bloque colocado	\$ 13.76	\$ 13.76	\$ 13.76	\$ 17.15	\$ 17.15	\$ 17.15	\$ 20.26	\$ 20.26	\$ 20.26
Enlucido	x	\$ 16.04	\$ 16.04	x	\$ 16.04	\$ 16.04	x	\$ 16.04	\$ 16.04
Empastado	x	x	\$ 8.40	x	x	\$ 8.40	x	x	\$ 8.40
Total	\$ 13.76	\$ 29.80	\$ 38.20	\$ 17.15	\$ 33.19	\$ 41.59	\$ 20.26	\$ 36.30	\$ 44.70
diferencia de costos	\$ 0.00	\$ 16.04	\$ 24.44	\$ 3.39	\$ 19.43	\$ 27.83	\$ 6.50	\$ 22.54	\$ 30.94
Relación entre costos	1.00	2.17	2.78	1.25	2.41	3.02	1.47	2.64	3.25

	Mampostería de bloque de concreto de 0.40 x 0.20 x 0.10 m	Mampostería de bloque de concreto de 0.40 x 0.20 x 0.10 m (+ enlucido)	Mampostería de bloque de concreto de 0.40 x 0.20 x 0.10 m (+ enlucido + empaste)	Mampostería de bloque de concreto de 0.40 x 0.20 x 0.20 m	Mampostería de bloque de concreto de 0.40 x 0.20 x 0.20 m (+ enlucido)	Mampostería de bloque de concreto de 0.40 x 0.20 x 0.20 m (+ enlucido + empaste)	Mampostería de macro bloque de pómez	MMB H	MMBH (+ empaste)
Bloque colocado	\$ 17.68	\$ 17.68	\$ 17.68	\$ 19.50	\$ 19.50	\$ 19.50	\$ 21.32	\$ 18.40	\$ 18.40
Enlucido	x	\$ 16.04	\$ 16.04	x	\$ 16.04	\$ 16.04	x	x	x
Empastado	x	x	\$ 8.40	x	x	\$ 8.40	x	x	\$ 7.76
Total	\$ 17.68	\$ 33.72	\$ 42.12	\$ 19.50	\$ 35.54	\$ 43.94	\$ 21.32	\$	\$ 26.16

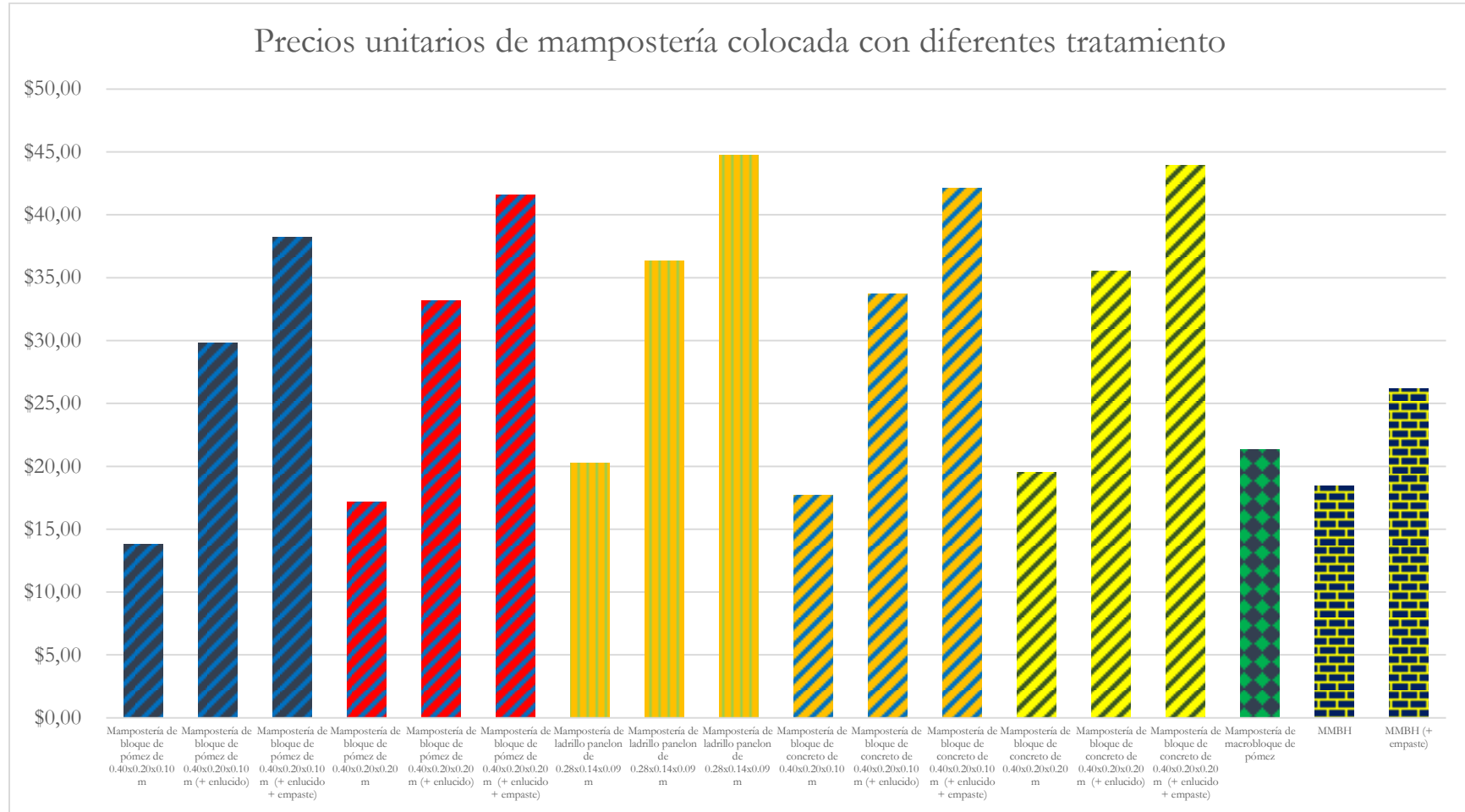


OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

								18.40	
diferencia de costos	\$ 3.92	\$ 19.96	\$ 28.36	\$ 5.74	\$ 21.78	\$ 30.18	\$ 7.56	\$ 4.64	\$ 12.40
Relación entre costos	1.28	2.45	3.06	1.42	2.58	3.19	1.55	1.34	1.90

OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

GRÁFICO 4.4-2 COMPARACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS 2





OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

Se puede observar en los dos análisis que, cuando la mampostería no será sometida a ningún acabado, el caso más económico es el bloque de pómez de dimensiones iguales a 0.4 x 0.2 x 0.1 m con un precio de \$13.76 el metro cuadrado colocado. El sistema MMBH cuesta al alrededor de \$4.54 más, lo que significa un 34% más. Para este mismo caso, en precios sobre el sistema MMBH, se encuentra el ladrillo panelón de 0.28 x 0.14 x 0.09 m, el bloque de concreto de 0.40 x 0.20 x 0.20 m y la Mampostería de macro bloque de pómez. Con relación al bloque más económico, los otros sistemas presentan precios superiores entre un 25% a un 55% mayores.

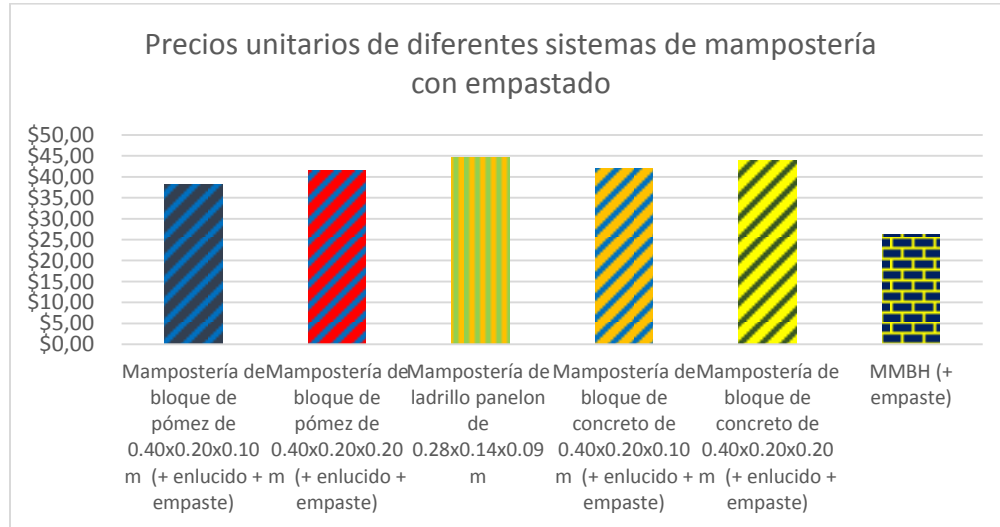
Si se quiere un acabado empastado, el sistema MMBH presenta significativas ventajas económicas, sobre todo porque se puede aplicar empaste directamente, sin necesidad de enlucir, lo que ahorra tiempo y dinero. Con relación al sistema MMBH el resto de sistemas resultan de un 46% a un 71% más caros. Lo expuesto se torna más evidente en la siguiente tabla comparativa.

GRÁFICO 4.4-3 COMPARACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS 2 CON EMPASTE

	Mampostería de bloque de pómez de 0.40 x 0.20 x 0.10 m (+ enlucido + empaste)	Mampostería de bloque de pómez de 0.40 x 0.20 x 0.20 m (+ enlucido + empaste)	Mampostería de ladrillo panelón de 0.28 x 0.14 x 0.09 m	Mampostería de bloque de concreto de 0.40 x 0.20 x 0.10 m (+ enlucido + empaste)	Mampostería de bloque de concreto de 0.40 x 0.20 x 0.20 m (+ enlucido + empaste)	MMBH (+ empaste)
Bloque colocado	\$ 13.76	\$ 17.15	\$ 20.26	\$ 17.68	\$ 19.50	\$ 18.40
Enlucido	\$ 16.04	\$ 16.04	\$ 16.04	\$ 16.04	\$ 16.04	x
Empastado	\$ 8.40	\$ 8.40	\$ 8.40	\$ 8.40	\$ 8.40	\$ 7.76
Total	\$ 38.20	\$ 41.59	\$ 44.70	\$ 42.12	\$ 43.94	\$ 26.16
diferencia de costos	\$ 12.04	\$ 15.43	\$ 18.54	\$ 15.96	\$ 17.78	\$ 0.00
Relación entre costos	1.46	1.59	1.71	1.61	1.68	1.00

OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

GRÁFICO 4.4-4 COMPARACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS 2 CON EMPASTE





OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Pese a la gran importancia que ha adquirido la construcción en el Ecuador actual y el alto porcentaje de uso de mampostería en este proceso, la tecnología disponible en el medio sigue siendo tradicional; entonces, el presente trabajo se propuso demostrar que se puede desarrollar un sistema constructivo de MMBH, que se ajuste técnicamente a las condiciones del entorno y reduzca el tiempo utilizado en el proceso de colocación.

En conclusión, y en relación con los objetivos específicos de este trabajo, se ha presentado la mampostería junto con los elementos que la componen; se proyectó el sistema constructivo; se fabricó las piezas y ensayó la productividad.

El presente trabajo nos ha permitido comprobar la hipótesis de reducir tiempos de construcción; la productividad del sistema MMBH es alrededor de 4.7 veces mayor a la productividad de la mampostería de ladrillo y es 3.6 veces mayor que la mampostería de bloques huecos de pómez tradicionales.

Hemos logrado mejorar la productividad generada con el sistema de bloques entrelazados sin cama de mortero estudiados por Anand K. B. y Ramamurthy K (K. B. Anand & Ramamurthy, 2003), superando su productividad 1.97 veces. La productividad que se acerca más a la generada con el sistema MMBH es la producida por los macro bloques de pómez en la tesis de maestría de la Arq. Silvia Crespo Muñoz, M.Sc. (Crespo Muñoz, 2015) que es también superada, reduciendo sus tiempos a un 58% aproximadamente.

En cuanto a los precios de mampostería colocada, se puede observar el sistema MMBH resulta un 34% más costosa que el sistema más económico que es el bloque de pómez de dimensiones iguales a 0.4 x 0.2 x 0.1 m. Si se quiere un acabado empastado, el sistema MMBH presenta significativas ventajas económicas, sobre todo porque se puede aplicar empaste directamente, sin necesidad de enlucir, lo que ahorra tiempo y dinero; el resto de sistemas resultan 25% a un 55% más caros.

Dentro de la clasificación del trabajo de construcción de mampostería, que ha sido mencionado en la sección 3.4, se puede observar que entre las actividades de las cuales depende la productividad de la colocación de mampostería se encuentran: la preparación y colocación del mortero y la colocación de las piezas de hormigón.



OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

En el caso de la primera actividad, podría realizarse estudios más exhaustivos con respecto a la eliminación de la misma; muchas investigaciones ya han abordado el tema; sin embargo, en el caso del sistema propuesto, las dificultades que se presentaron para el uso de esta técnica de mampostería seca principalmente fueron: pequeñas imperfecciones en las piezas que acumulaban errores geométrico lo que no permitía la estabilidad del muro y el bajo peso de las piezas o falta de trabas mecánicas u otras permiten desplazamientos que podrían desestabilizar el muro. En la literatura se encuentra también trabajos donde se proponen formas más eficientes de realizar esta actividad, por ejemplo con el uso de mortero bombeado, el uso de bailejos que permitan llevar mayor cantidad de material y colocarlo rápidamente, entre otros.

En el caso de la segunda actividad, la colocación de las piezas, tomando en cuenta que las piezas se encuentran en el límite del peso para ser manipuladas por dos personas en la colocación; si se facilita el trabajo al personal y se garantiza la correcta colocación de las piezas, mediante un mecanismo colocador tipo andamio, podría el sistema incrementar sus prestaciones. Se puede utilizar también con este mismo propósito, herramientas como placas que se coloquen previamente donde se construirá el muro y disminuyan el trabajo realizado para nivelar las piezas.

En cuanto a la clasificación de las actividades generadas en la construcción de la mampostería, el análisis de la misma nos permite enfocarnos en las soluciones que se pueden dar para aumentar la productividad de la construcción; sin embargo, comparativamente, entre diferentes sistemas de mampostería como se expone en 4.3 la relación entre ellos no permite un análisis comparativo.

Pese a que este trabajo no estudia la utilidad de las piezas como parte de la estructura de una edificación, se presume que, realizando pequeños cambios, podrían ser usadas con este fin. Las columnetas descritas en la sección 3.1.5.1 se acercan a este objetivo.

Es importante destacar ventajas como el aligeramiento de las piezas que es una propiedad fundamental en la que se basa el sistema y de esta depende directamente la productividad de colocación de las piezas y también la forma sencilla de la pieza o poco intrincada en comparación con otros sistemas permite una fácil fabricación y una fácil colocación

Otras ventajas que se pueden destacar son: estética arquitectónica, geometría del sistema en cuanto a la alineación de los agujeros que pueden ser utilizados estructuralmente, es un sistema que ha considerado coordinación modular, facilidad para realizar instalaciones eléctricas sanitarias y otras, propiedades acústicas, térmicas, resistencia al fuego y otras abordadas en la sección 2.5.



OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

Teniendo en cuenta la necesidad de innovación dentro del campo de la construcción, y la aceptabilidad en la región de la mampostería, este trabajo presume que los logros alcanzados son importantes y permiten nuevas investigaciones que optimicen el sistema, entre las que se pueden mencionar: optimización de calidad dentro de las propiedades de las piezas, estudio de la prefabricación de las piezas, entre otras.

Se concluye también que las consideraciones a cumplir descritas desde la sección 2.2 hasta la sección 2.6 (modulación, diseño estructural, diseño arquitectónico, etc.) son cuestión de atención dentro de este tipo de sistemas y se recomienda tanto al diseñador como al constructor tenerlas presentes desde el principio de los proyectos.



OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

- (Norma Colombiana NTC 4076), 1997, INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA. UNIDADES (BLOQUES Y LADRILLOS) DE CONCRETO, PARA MAMPOSTERÍA NO ESTRUCTURAL INTERIOR Y CHAPAS DE CONCRETO NTC.
- Aadamus, L. & Spevak, V., 1986, Dry stone walling technology-manufacturing and using building blocks without mortar, 2709–2716.
- Abad Escandón, P. & Mera, A.H., 1982, *Conceptualización modular aplicada a la vivienda*, Universidad de Cuenca.
- ACI [American Concrete Institute], 2014, *Aci 318-14*.
- Amado, I.J.A., 2007, *Reglamento empírico para construcciones de mampostería de bajo compromiso estructural*, Buenos Aires, Argentina, 27-28.
- Anand, K.B. & Ramamurthy, K., 2003, Laboratory-Based Productivity Study on Alternative Masonry Systems, 237–242, DOI:10.1061/(ASCE)0733-9364(2003)129:3(237).
- Anand, K.B. & Ramamurthy, K., 2005, Development and Evaluation of Hollow Concrete Interlocking Block Masonry System, 11–20.
- ASTM, 1995, Standard Specification for Extended Life Mortar for Unit Masonry 1, 2–5.
- Brian, I. & Wesley, E., 1976, United States Patent [19] Primary Examiner-John E . Murtagh US . Patent, 1–4.
- Córdova, J.L., 2014, *Materiales de aislamiento acústico sostenible, propuesta de ambientación sonora en viviendas urbanas de la ciudad de Cuenca*, Universidad de Cuenca.
- Crespo Muñoz, S.L., 2015, *Construcción de mampostería de bloques de pómez, mediante la prefabricación de elementos modulares*, Universidad de Cuenca.
- Dhanasekar, M., 1993, Productivity of brick masonry crew in developing countries, 791–802.
- Domínguez, M.G., 2008, *Sistema de anclaje de panel prefabricado de hormigon en estructura de hormigon y hierro*, Universidad de Cuenca.



OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

- Fernando, L., Guzmán, V., Eduardo, G., & Alcívar, S., 2015, Hormigones livianos.
- Gonzalo Arrau, C., 1988, Conceptos básicos sobre aislación térmica de viviendas, 115–131.
- Grimm, C.T., 1974, Masonry construction operations., 171–185.
- Grimm, C.T. & Fowler, D.W., 1985, Effect of brick suction on bricklayer productivity.
- Hernández, E., 2013, *Diseño, construcción y comportamiento sísmico de estructuras de mampostería*, Universidad Autonoma Metropolitana, UAM.
- Herrea, A.M. & Guillermo, G., 2010, *Manual de construccion de mamposteria en concreto*, 166.
- Hines, T., 1993, Benefits of drystack interlocking concrete masonry as a component of cost effective construction, 849–861.
- INEC, 2010, Total de viviendas particulares con personas presentes por tipo de material de paredes exteriores, según provincia, cantón y parroquia de empadronamiento.
- INEC, 2012, La Industria de la Construcción es el mayor empleador del mundo.
- INEN, 2010, Cal hidratada para uso en mampostería. Requisitos. NTE-INEN-247-2010.
- INEN, 2014, Bloques Huecos de hormigón. Requisitos. NTE INEN 643, Ecuador.
- INN-Chile, 2009, NCh 1928.Of1993 Mod 2009 (ALBAÑILERÍA ARMADA), Chile.
- Lección 17 Mampostería Confinada, 2015.
- Lene, F., 1986, Damage constitutive relations for composite materials, 713–728.
- Mortlock, D.J. & Whitehead, B., 1970, Productivity in brick and block construction—A literature survey, 179–197.
- Murray, E.B., 2007, Dry Stacked Surface Bonded Masonry - Structural Testing and Evaluation.
- NEC, (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI) y Cámara de la Industria de la Construcción (CAMICON)), 2014, Mampostería estructural NEC, Ecuador, 8–10.
- NEC, (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI)), 2011, Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-11, Mampostería Estructural, Capítulo 6, Ecuador.



OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

- Pavlov, P. V & Jojlov, A.F., 1987, *Física del estado sólido*, Rubiños-1860.
- Peña, D.A., 2012, *Evaluación del comportamiento estructural de mampostería reforzada con trabas verticales de concreto simple ante solicitaciones sísmicas laterales*, Universidad Central de Venezuela, 17-18.
- Ramamurthy, K. & Kunhanandan Nambiar, E.K., 2004, Accelerated masonry construction review and future prospects, 1–9, DOI:10.1002/pse.162.
- Reglamento Colombiano, (Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial), 2010, NSR-10 Mampostería Estructural, Colombia.
- Rivera, M. del S., 2010, *Diseño Estructural de una vivienda Social de una planta con Mampostería Confinada*, UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA RECINTO UNIVERSITARIO “PEDR ARAUZ PALACIO”.
- Saenz, A., 2011, Coordinación modular en la construcción., 1–4.
- Sanders, S.R. & Thomas, H.R., 1991, Factors affecting masonry-labor productivity, 626–644.
- Thomas, H.R., Sanders, S.R., & Bilal, S., 1992, Comparison of labor productivity, 635–650.
- UNAM, 2015, Apuntes de Mamposteria.
- Vanderwerf, B.P., 1999, Mortarless block systems, 20–24.
- Zalamea, E., 2012, *Universidad de cuenca*, Universidad de Cuenca.
- Zalamea, J.F., 2000, *Tratamiento numérico de materiales compuestos mediante la teoría de homogenización*, Universidad Politecnica de Cataluña.



OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

ANEXOS

PRECIOS UNITARIOS DE MAMPOSTERÍA TRADICIONAL O BLOQUES DE PÓMEZ

RUBRO: MAMPOSTERÍA TRADICIONAL O BLOQUES DE PÓMEZ				
ÁREA CONSTRUIDA			9.61 m2	
COSTO DE MATERIALES				
MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Cemento	saco	1.5	\$ 6.65	\$ 9.98
Arena	m3	0.165	\$ 17.86	\$ 2.95
Agua	Lt.	30	\$ 0.00	\$ 0.01
Bloque de pómez e=10cm	U.	110.51	\$ 0.38	\$ 41.99
A.- COSTO DE MATERIAL				\$ 54.93
COSTO DE MANO DE OBRA				
OBRERO		JORNAL DIARIO	DÍAS	COSTO TOTAL
ALBAÑIL		\$ 30.14	1.23	\$ 37.00
AYUDANTE DE ALBAÑIL		\$ 21.70	1.23	\$ 26.64
B.- COSTO DE MANO DE OBRA				\$ 63.64
COSTO DE HERRAMIENTA Y EQUIPO				
OBRERO		ALQUILER	DÍAS / ELEMENTOS	COSTO TOTAL
Herramienta menor (5% de mano de obra)				\$ 3.18
C.- COSTO DE HERRAMIENTA Y EQUIPO				\$ 3.18
D.- COSTO TOTAL (A+B+C)				\$ 121.75
E.- COSTO POR m2 (D / # de m2)				\$ 12.67

Tabla tomada de (Crespo Muñoz, 2015)

PRECIOS UNITARIOS DE MAMPOSTERÍA DE MACRO BLOQUE DE PÓMEZ

RUBRO: MAMPOSTERÍA DE MACRO BLOQUE DE PÓMEZ				
ÁREA CONSTRUIDA				9.61 m2
COSTO DE MATERIALES				
MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Cemento	saco	1	\$ 6.65	\$ 6.65
Arena	m3	0.15	\$ 17.86	\$ 2.68
Agua	Lt.	30	\$ 0.00	\$ 0.00
Elemento Modular	U.	32.66	\$ 5.21	\$ 170.16
A.- COSTO DE MATERIAL				\$ 179.49
COSTO DE MANO DE OBRA				
OBRERO		JORNAL DIARIO	DÍAS	COSTO TOTAL
ALBAÑIL		\$ 30.14	0.444	\$ 13.38
AYUDANTE DE ALBAÑIL		\$ 21.70	0.444	\$ 9.63
B.- COSTO DE MANO DE OBRA				\$ 23.02
COSTO DE HERRAMIENTA Y EQUIPO				



OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

OBRERO	ALQUILER	DÍAS / ELEMENTOS	COSTO TOTAL
Herramienta menor (5% de mano de obra)			\$ 1.15
C.- COSTO DE HERRAMIENTA Y EQUIPO			\$ 1.15
D.- COSTO TOTAL (A+B+C)			\$ 203.66
E.- COSTO POR m2 (D / # de m2)			\$ 21.19

Tabla tomada de (Crespo Muñoz, 2015)

PRECIOS UNITARIOS DE MMBH

RUBRO: MAMPOSTERÍA MMBH				
ÁREA CONSTRUIDA				90 m2
COSTO DE MATERIALES				
MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Cemento	saco	5	\$ 6.65	\$ 33.25
Arena	m3	0.7	\$ 17.86	\$ 12.50
Agua	Lt.	61	\$ 0.00	\$ 0.01
MMBH	U.	166.67	\$ 6.51	\$ 1. 085.00
A.- COSTO DE MATERIAL				\$ 1. 130.76
COSTO DE MANO DE OBRA				
OBRERO		JORNAL DIARIO	DÍAS	COSTO TOTAL
ALBAÑIL		\$ 30.14	3	\$ 90.42
AYUDANTE DE ALBAÑIL		\$ 21.70	3	\$ 65.10
PEÓN		\$ 19.20	3	\$ 57.60
B.- COSTO DE MANO DE OBRA				\$ 213.12
COSTO DE HERRAMIENTA Y EQUIPO				
OBRERO		ALQUILER	DÍAS / ELEMENTOS	COSTO TOTAL
Herramienta menor (5% de mano de obra)				\$ 10.66
C.- COSTO DE HERRAMIENTA Y EQUIPO				\$ 10.66
D.- COSTO TOTAL (A+B+C)				\$ 1 354.54
E.- COSTO POR m2 (D / # de m2)				\$ 15.05

PRECIOS UNITARIOS DE ENLUCIDO

RUBRO: ENLUCIDO RECTO				
ÁREA CONSTRUIDA				19.22 m2
COSTO DE MATERIALES				
MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Cemento	saco	4.9	\$ 6.65	\$ 32.59
Arena	m3	0.54	\$ 17.86	\$ 9.64
A.- COSTO DE MATERIAL				\$ 42.23



OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA, MEDIANTE EL USO DE MACRO-BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR

COSTO DE MANO DE OBRA			
OBRERO	JORNAL DIARIO	DÍAS	COSTO TOTAL
ALBAÑIL	\$ 30.14	1.2	\$ 36.20
AYUDANTE DE ALBAÑIL	\$ 21.70	1.2	\$ 26.06
B.- COSTO DE MANO DE OBRA			\$ 62.26
COSTO DE HERRAMIENTA Y EQUIPO			
OBRERO	ALQUILER	DÍAS / ELEMENTOS	COSTO TOTAL
Herramienta menor (5% de mano de obra)			\$ 3.11
C.- COSTO DE HERRAMIENTA Y EQUIPO			\$ 3.11
D.- COSTO TOTAL (A+B+C)			\$ 107.61
E.- COSTO POR m2 (D / # de m2)			\$ 5.60

PRECIOS UNITARIOS DE EMPASTE INTERIOR

RUBRO: EMPASTE DE INTERIORES				
ÁREA CONSTRUIDA				19 m2
COSTO DE MATERIALES				
MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Espesante aditivo	Lb.	1	\$ 4.92	\$ 4.92
Resina multiuso	Gl.	1	\$ 4.91	\$ 4.91
Carbonato cecal tipo B	Saco (50 kg.)	1	\$ 9.38	\$ 9.38
A.- COSTO DE MATERIAL				\$ 19.21
COSTO DE MANO DE OBRA				
OBRERO		JORNAL DIARIO	DÍAS	COSTO TOTAL
ALBAÑIL		\$ 30.14	1	\$ 30.14
AYUDANTE DE ALBAÑIL		\$ 21.70	1	\$ 21.70
B.- COSTO DE MANO DE OBRA				\$ 51.84
COSTO DE HERRAMIENTA Y EQUIPO				
OBRERO		ALQUILER	DÍAS / ELEMENTOS	COSTO TOTAL
Herramienta menor (5% de mano de obra)				\$ 2.59
C.- COSTO DE HERRAMIENTA Y EQUIPO				\$ 2.59
D.- COSTO TOTAL (A+B+C)				\$ 73.64
E.- COSTO POR m2 (D / # de m2)				\$ 3.88